Zeitschrift
für den
Physikalischen und Chemischen Unterricht.

XLI. Jahrgang. 1928. Zweites Heft.

Über den Koppelungsgrad elastisch gekoppelter, aufeinander abgestimmter Pendel.

Von Dr. V. Gurski in Wesel.

Um die Übertragung elektromagnetischer Schwingungen von einem Schwingungskreis auf einen zu diesem in Resonanz befindlichen zweiten Schwingungskreis zu verdeutlichen, bedient man sich in der Schule häufig des Doppelpendels nach Overbeck[1]. Hiermit kann man nicht nur zeigen, daß eine vollständige Übertragung der Schwingungsenergie nur bei Gleichheit der beiden Pendellängen stattfindet, sondern es lassen sich auch durch Verschieben der Pendelkörper, sowie der Befestigungspunkte für das koppelnde Gewicht und durch Änderung des koppelnden Gewichtes selbst qualitativ gewisse Aufschlüsse über die Abhängigkeit des Koppelungsgrades von den Bestimmungsstücken des Doppelpendels gewinnen. Will man aber bis zu einer Definition des Koppelungsgrades durchdringen und seine gesetzmäßige Abhängigkeit von den Größen des Pendels ermitteln, so muß man das Doppelpendel von Overbeck so abändern, daß die mathematische Behandlung des Problems dem Verständnis und dem Können der Schüler angepaßt ist. Dies kann dadurch erreicht werden, daß man einerseits die Schwingungen longitudinal überträgt und andererseits das koppelnde Gewicht durch eine wagerecht wirkende elastische Kraft von bestimmbarer Größe ersetzt.

I. Theorie.

a) Die Bewegung eines ungedämpften mathematischen Pendels mit dem Massenpunkt m und der Pendellänge l ist bei kleiner Amplitude durch die Differentialgleichung

$$m\frac{d^2y}{dt^2} = -\frac{mg}{l}y$$

bestimmt.

In der Entfernung l_0 vom Aufhängepunkt A befestigt man einen durch die Gewichte G gespannten Gummifaden parallel zur Schwingungsrichtung des Pendels so, daß die Ruhelage des als starr vorausgesetzten Pendelfadens den Gummifaden in zwei gleiche Stücke b zerlegt (s. Fig. 1). Ist die Kraftkonstante des Gummifadens (d. h. die in Dyn gemessene Kraft, welche bei vorhandener Belastung G eine Verlängerung des Fadens um 1 cm hervorruft) kg Dyn, so wirkt nun auf die Masse m außer der Kraft $-\frac{mg}{l}y$ noch die in B angreifende, nach rechts gerichtete Kraft

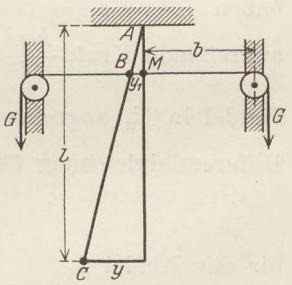


Fig. 1.

$$G + kgy_1 - (G - kgy_1) = 2kgy_1$$

oder statt ihrer die in C angreifende Kraft

[1] Doppelpendel nach Overbeck, Wied. Ann. 1888, 34; S. 1011. — Zeitschr. f. den phys. u. chem. Unterricht **1**, 254; 1888.

$$\frac{2\,k\,g\,l_0\,y_1}{l} = \frac{2\,k\,g\,l_0^2\,y}{l^2}.$$

Da diese Kraft die Schwere in ihrer Wirkung unterstützt, lautet die Differentialgleichung für dieses Pendel

$$\frac{d^2y}{dt^2} = -\alpha^2 y, \text{ wo } \alpha^2 = \frac{g}{l} + \frac{2\,k\,g\,l_0^2}{m\,l^2}$$

ist. Die Schwingungszahl des Pendels ist also durch Hinzufügen der elastischen Kraft von

$$n_0 = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{g}{l}} \text{ auf } n = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{g}{l}}\cdot\sqrt{1+\frac{2\,k\,l_0^2}{m\,l}} \quad \ldots \quad (1)$$

gewachsen.

In der folgenden Tabelle sind einige Werte von $\frac{1}{n}$ für $k = 17{,}7$ g, $l = 49{,}7$ cm und $m = 500$ g in ihrer Abhängigkeit von l_0 dargestellt.

l_0	0	1	2	3	4	5	6	7	8
$\frac{1}{n}$	1,414	1,413	1,410	1,405	1,398	1,391	1,380	1,367	1,354

b) Man koppelt dieses Pendel mit einem zweiten gleichartigen, so daß der Gummifaden zwischen beiden Pendeln ebenfalls die Länge b besitzt (s. Fig. 2). In einem und demselben Augenblick mögen die beiden Pendelmassen, wie es Fig. 2 zeigt, die Entfernungen y und x von der Ruhelage besitzen. Ist G wie vorhin die Belastung des Fadens, so wirken

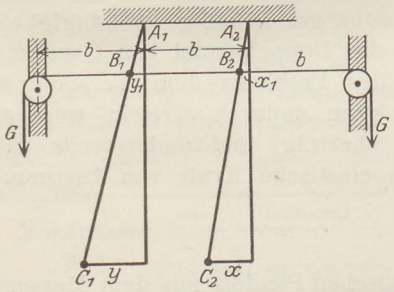


Fig. 2.

in B_1 die Kräfte $G - k g y_1$ und $G + k g (y_1 - x_1)$, in B_2 aber $G + k g (y_1 - x_1)$ und $G + k g x_1$, vorausgesetzt, daß man die Geschwindigkeit der elastischen Erregung als sehr groß gegenüber derjenigen der Punkte B_1 und B_2 ansieht.

Ihre Resultanten

$$k g (2 y_1 - x_1) \text{ bezw. } -k g (2 x_1 - y_1)$$

haben entgegengesetzte Richtungen. Während also die am ersten Pendel in C_1 angreifende Kraft $\frac{k g l_0^2}{l^2}(2y - x)$ die Schwerkraft unterstützt, wirkt die am zweiten Pendel in C_2 angreifende Kraft $-\frac{k g l_0^2}{l^2}(2x - y)$ ihr entgegen. Daher lautet die Differentialgleichung für das Pendel 1

$$m\frac{d^2y}{dt^2} = -\frac{m g}{l}y - \frac{k g l_0^2}{l^2}(2y - x),$$

für das Pendel 2

$$m\frac{d^2x}{dt^2} = -\frac{m g}{l}x - \frac{k g l_0^2}{l^2}(2x - y).$$

Die zweite Gleichung entsteht aus der ersten durch Vertauschung von x und y. Führt man neben α^2 noch $\beta^2 = \frac{k g l_0^2}{m l^2}$ ein, so erhält man

$$\frac{d^2y}{dt^2} = -\alpha^2 y + \beta^2 x,$$

$$\frac{d^2x}{dt^2} = -\alpha^2 x + \beta^2 y.$$

Hieraus folgt durch Addition und Subtraktion

$$\frac{d^2(x+y)}{dt^2} = -(\alpha^2-\beta^2)(x+y),$$

$$\frac{d^2(x-y)}{dt^2} = -(\alpha^2+\beta^2)(x-y)$$

und durch Integration

$$x+y = 2c\cdot\sin\left(\sqrt{\alpha^2-\beta^2}\cdot t+\varepsilon\right),$$

$$x-y = 2c_1\cdot\sin\left(\sqrt{\alpha^2+\beta^2}\cdot t+\varepsilon_1\right).$$

Also ist:

$$x = c\sin\left(\sqrt{\alpha^2-\beta^2}\cdot t+\varepsilon\right)+c_1\sin\left(\sqrt{\alpha^2+\beta^2}\cdot t+\varepsilon_1\right),$$

$$y = c\sin\left(\sqrt{\alpha^2-\beta^2}\cdot t+\varepsilon\right)-c_1\sin\left(\sqrt{\alpha^2+\beta^2}\cdot t+\varepsilon_1\right),$$

wo c und ε (c_1 und ε_1) Integrationskonstanten sind.

Jede dieser Gleichungen zeigt, daß die Amplitude eines jeden Pendels als Resultante der Amplituden zweier Schwingungen mit den verschiedenen Schwingungszahlen

$$n_1 = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\alpha^2-\beta^2} \text{ und } n_2 = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\alpha^2+\beta^2}$$

aufgefaßt werden kann. Von diesen ist die eine kleiner, die andere größer als die Schwingungszahl $n = \frac{\alpha}{2\pi}$ des ungekoppelten Pendels, und zwar ist

$$n_1 = n\sqrt{1-\left(\frac{\beta}{\alpha}\right)^2},\quad n_2 = n\sqrt{1+\left(\frac{\beta}{\alpha}\right)^2} \text{ und } \frac{n_2}{n_1} = \sqrt{\frac{1+\left(\frac{\beta}{\alpha}\right)^2}{1-\left(\frac{\beta}{\alpha}\right)^2}}.$$

Je größer $K = \left(\frac{\beta}{\alpha}\right)^2$ ist, um so mehr weichen die Schwingungszahlen der beiden Koppelungsschwingungen voneinander und von der Schwingungszahl des ungekoppelten Pendels ab. Je größer K ist, desto schneller wird die Energie von einem Pendel auf das andere übertragen. K dient daher als Maß für die Größe der Koppelung beider Pendel und heißt Koppelungsgrad der Pendel. Setzt man die Werte für α und β ein, so erhält man

$$K = \frac{k l_0^2}{m l + 2 k l_0^2}. \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (2)$$

II. Versuche.

Dies Ergebnis der Theorie läßt sich experimentell prüfen, wenn man beachtet, daß der Koppelungsgrad mit guter Annäherung aus der Anzahl N der Schwebungen pro Sekunde bestimmt werden kann. Setzt man nämlich in $N = n_2 - n_1$ für n_2 ein $n(1+{}^1/_2 K)$ und $n_1 = n(1-{}^1/_2 K)$, indem man die Glieder mit höheren Potenzen von K vernachlässigt, so erhält man zur Messung von K die Gleichung

$$K = \frac{N}{n} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (3)$$

Die Versuchsanordnung kann man mit einfachen Mitteln selbst herstellen. Man zeigt durch Vorversuche, daß man zum Aufhängen der Pendelkörper Garnfäden nicht benutzen darf, da bei ihnen die in der Theorie geforderte Starrheit schon bei sehr kleinem Koppelungsgrad fehlt. An ihrer Stelle benutzt man Stahlstäbe von der Stärke dünner Stricknadeln und befestigt an ihnen Pendelkörper von so großer Masse, daß die Pendel dennoch als mathematische Pendel angesehen werden können. Zur Verminderung der Reibung hängt man die Pendelstäbe mittels

ganz kurzer Zwirnstücke an der für Pendel üblichen Aufhängevorrichtung auf. Man darf die Pendel nicht an demselben Querbalken befestigen, damit nicht die von der Elastizität des Balkens herrührende unbekannte Koppelung (die recht groß ist) in die Messungsergebnisse mit eingeht. Am zweckmäßigsten richtet man die beiden Balken quer zueinander und befestigt an den Tragleisten des einen an gegenüberliegenden Stellen die beiden vertikal verschiebbaren festen Rollen, die zur Lagerung des Gummifadens dienen. Nachdem man die beiden Pendellängen durch Verschieben einer der beiden Pendelmassen — als solche wurden die Zusatzmassen des Noackschen Apparates zur Bestimmung des Trägheitsmoments von Stäben aus Torsionsschwingungen benutzt — genau gleich gemacht hat, spannt man den zur Koppelung dienenden Gummifaden durch Belastung seiner Enden mit gleichen Gewichten und befestigt ihn dann mittels kleiner Schlingen aus dünnem Bindfaden an den Pendelstangen, so daß er bei wagerechter Lage durch die Pendelstangen in drei gleiche Teile geteilt wird. Bei jeder Änderung der Belastung muß der Gummifaden von neuem befestigt werden, damit an den Pendeln, wenn beide in vertikaler Lage sind, keine größere Spannung als G wirkt. Um ein Mitschwingen der spannenden Gewichte, das besonders bei kleinen Belastungen auftritt, zu verhindern, muß man die Rollen vor Beginn der Schwingungen durch Anziehen von Achsenschrauben arretieren. Für die Koppelung haben sich nach Versuchen mit verschiedenem Material Fäden aus Fahrradventilgummi am brauchbarsten erwiesen. Die Kraftkonstante dieses Gummis für eine bestimmte Belastung ermittelt man aus dem Gesetz, das die Länge des Fadens als Funktion seiner Belastung gibt. Ein bei 40 g Belastung 54,6 cm langer Faden zeigte die in folgender Tabelle zusammengestellten Verlängerungen:

G	40	60	80	100	120	140	160	180	200	220	240	260	280	g
$\triangle l$	0	2,2	4,7	7,4	10,7	14,1	18,0	21,2	26,9	32,1	37,4	42,8	48,3	cm

Wie man dieser Tabelle entnimmt, dehnt sich z. B. ein $(54{,}6 + 37{,}4)$ cm $= 92$ cm langer Gummifaden um 5,4 cm aus, wenn die Belastung von 240 g auf 260 g anwächst. Einer Verlängerung dieses Fadens um 1 cm entspricht also (unter der Annahme, daß die Kurve auf kleine Stücke hin als geradlinig angesehen werden kann) ein Anwachsen der Belastung um $\frac{20}{5{,}4}$ g. Erfährt ein mit 240 g belasteter Faden von der Länge $b = 19{,}3$ cm eine Dehnung um 1 cm, so wächst die elastische Kraft desselben um $\frac{20}{5{,}4} \cdot \frac{92}{19{,}3}$ g $= 17{,}7$ g. Wie man sieht, beruht diese Rechnung auf dem von Röntgen erweiterten Hookeschen Gesetz. Wie für 240 g läßt sich die Kraftkonstante des Gummis für jede andere Belastung ermitteln; übrigens ist sie für benachbarte Belastungen nicht viel von 17,7 g verschieden.

Die Messung der Anzahl N der in einer Sekunde entstehenden Schwebungen bereitet keine Schwierigkeiten. Sind die Pendel genau auf einander abgestimmt worden, so kommt abwechselnd das eine und das andere Pendel nach dem Zeitabschnitt $\frac{1}{N}$ Sekunden einen Augenblick zu völliger Ruhe. Dieser Moment ist bei größerem Koppelungsgrad leicht mittels einer Stoppuhr festzuhalten. Ist der Koppelungsgrad klein, so tritt keine völlige Ruhe ein, und es empfiehlt sich dann, die Abnahme der Amplituden an einem Horizontalmaßstab zu verfolgen, um die kleine Zeitspanne möglichst genau aufnehmen zu können, in der das Pendel die kleinste Amplitude beschreibt.

Die Schwingungszahl n des ungekoppelten Pendels kann nun nach Gleichung (1) berechnet werden. Auch ist eine Prüfung dieser Gleichung durch die Erfahrung möglich. Bei den folgenden Versuchen sind aber die Werte für n berechnet worden.

Aus N und n ergibt sich der Koppelungsgrad nach Gleichung (3). Die folgende Tabelle zeigt, wie sich der Koppelungsgrad mit l_0 ändert, und zwar gibt Zeile 3 die gemessenen, Zeile 5 die nach Gleichung (2) berechneten Werte für K. Bei den Versuchen betrug $k = 17{,}7$; $m = 500$, $l = 49{,}7$.

l_0	1	2	3	4	5	6	7	8	cm
$\frac{1}{N}$	1530	435	209,5	122,1	83,7	60,4	47,2	38,1	Sek.
$K = \frac{N}{n}$	0,00092	0,0032	0,0067	0,0114	0,017	0,023	0,029	0,036	
K korr.	0,00052	0,0028	0,0063	0,0110	0,0166	0,0226	0,0286	0,0356	
K (Gl. 2)	0,00051	0,0028	0,0063	0,0111	0,0171	0,0243	0,0336	0,0417	

Wie diese Tabelle in Übereinstimmung mit den für die verschiedensten Kraftkonstanten k aufgestellten weiteren Messungsergebnissen zeigt, scheint die auf theoretischem Wege gewonnene Gleichung (2) nur für die mittleren Werte von l_0 zu dem experimentell bestimmten Koppelungsgrad zu führen. In der Tat ist aber die Abweichung für die Anfangswerte von l_0 nur scheinbar. Die immer wieder auftretende nahezu konstante Differenz 0,0004 zwischen dem experimentell und theoretisch gefundenen Wert weist darauf hin, daß neben der Koppelung durch die elastische Kraft des Gummis eine hiervon unabhängige Koppelung besteht, die von dem Gewicht des koppelnden Fadens herrührt. Die demgemäß korrigierten Werte von K (siehe Zeile 4 der Tabelle) zeigen jedenfalls für die Anfangswerte von l_0 eine gute Übereinstimmung mit der Erfahrung. Daß mit wachsenden Werten von l_0 der gemessene Wert von K immer mehr hinter dem theoretischen Wert zurückbleibt, erklärt sich daraus, daß mit wachsendem l_0 die Voraussetzungen der Theorie immer weniger erfüllt sind, besonders weil die Pendelstangen an den Anknüpfungsstellen des Gummis einbiegen, wodurch die elastische Kraft (wie man das gut an Pendelaufhängungen aus Garn beobachten kann) ihre berechnete Größe nicht erreicht.

Von weiteren Versuchen seien hier noch Messungsergebnisse wiedergegeben, die die Richtigkeit der Gleichung (2) für verschiedene Pendellängen l (für $k = 17{,}7$, $m = 500$, $l_0 = 4$) bestätigen.

l	37,05	41,35	49,8	cm
$\frac{1}{N}$	85	99,5	124	Sek.
$K = \frac{N}{n}$	0,0141	0,0127	0,0112	
K (Gl. 2)	0,0148	0,0133	0,0112	

Auch hinsichtlich der Masse läßt sich die Gleichung (2) leicht bestätigen.

III. Schlußbemerkung.

Während die longitudinale Schwingungsübertragung in mathematischer Hinsicht kaum mehr Schwierigkeiten auf der Schule bereitet als die Theorie des mathematischen Pendels, ja sogar die Mitberücksichtigung der Dämpfung möglich ist, ist das Problem der Schwingung transversal gekoppelter Pendel, auch wenn man von der Dämpfung absieht, elementar nicht lösbar. Hier führt schon die Berechnung der Schwingungszahl des ungekoppelten Pendels [vgl. I. a)] auf ein elliptisches Integral. Setzt man nämlich für die Verlängerung $\sqrt{b^2 + y_1^2} - b$ des halben Gummifadens den Näherungswert $\frac{y_1^2}{2b}$, so ergibt sich für die Bewegung des Pendels die Differentialgleichung

$$\frac{d^2y}{dt^2} = -\gamma^2 y - \delta^2 y^3,$$

also für

$$t = \int \frac{dy}{\sqrt{c_1 - \gamma^2 y^2 - \frac{\delta^2 y^4}{4}}} + c_2,$$

wo

$$\gamma^2 = \frac{2\,G\,l_0^{\,2}}{m\,b\,l^2} + \frac{g}{l} \text{ und } \delta = -\frac{k\,g\,l_0^{\,4}}{m\,b^2\,l^4}$$

ist.

Die beiden Differentialgleichungen für die gekoppelten Pendel enthalten auf der rechten Seite noch ein 3. Glied der Gestalt $c \cdot (y^3 + (y-x)^3)$ bzw. $c \cdot (x^3 + (x-y)^3)$ und können elementar nicht gelöst werden.

Man muß sich also in der Schule auf die Längskoppelung beschränken. Dort kann sich aber auch dieses einfachere Problem, das sich als größere Einzelaufgabe für Schülerübungen eignet, außerordentlich anregend erweisen und zur Klärung der mit der Koppelung elektromagnetischer Schwingungskreise [1] verbundenen Fragen beitragen.

Eine Umarbeitung des Gerätes zur Sichtbarmachung der Atombahnen nach Wilson.

Von **Theodor Wulf** in Valkenburg.

Die weite Verbreitung des vom Verfasser vor einigen Jahren in dieser Zeitschrift [2] angegebenen Gerätes zur Sichtbarmachung der Atombahnen nach Wilson zeigt, daß man die Bedeutung dieser Versuche für den Unterricht wohl anerkennt. Bei der Benutzung des Gerätes haben manche Fachgenossen mit mir die Erfahrung machen müssen, daß die sonst vorzüglich arbeitende Vorrichtung zuweilen ganz rätselhafte Launen zeigte. Ohne scheinbare Änderung irgend eines äußeren Umstandes blieben zuweilen die Bahnen aus, um gleich bei einer unveränderten Wiederholung des Versuches tadellos zu erscheinen. Namentlich geschah es nicht selten, daß der erste Versuch glänzend gelang, der zweite keine Spur von Atombahnen zeigte, während ein drittes Mal die Bahnen wieder erschienen, ohne daß inzwischen irgend etwas an der Versuchsanordnung geändert worden wäre. Die Aufdeckung des rätselhaften Verhaltens entbehrte nicht des Reizes. Folgendes Verhalten klärte schließlich die Erscheinungen auf und führte dann auch zu der erfolgreichen Umarbeitung des Gerätes, die hier beschrieben werden soll.

Solange die gewöhnliche ungereinigte Luft in der Kondensationskammer vorhanden ist, dienen bei den ersten Entspannungen alle Staubteilchen als Kondensationskerne, sie umgeben sich mit einer Wasserhülle und fallen dann zu Boden. Dadurch wird eine so große Menge Wasserdampf aus dem Raum entfernt, daß er bei der zweiten Entspannung nicht mehr mit Wasserdampf gesättigt ist. Die Temperatursenkung bei der gleich folgenden Entspannung reicht nicht aus, um zu einer Überschreitung des Sättigungszustandes zu führen, es kann daher keine Kondensation mehr stattfinden. Erst wenn durch Wiederverdunsten der gebildeten Tröpfchen und Einwanderung von der freien Wasseroberfläche her der Sättigungszustand wieder genügend nahe erreicht ist, können bei einer folgenden Entspannung die Bahnen wieder sichtbar werden. Damit erklärt sich sofort die Tatsache, daß das Gerät, wenn es längere Zeit mit Wasser gefüllt gestanden hatte, allmählich seine Launen-

[1] Vgl. J. Zenneck, Lehrbuch der drahtlosen Telegraphie 1916. Kap. IV—V und Fr. Möller, Zeitschr. f. d. phys. u. chem. Unterricht, 39. Jahrg., 5. Heft, S. 216ff, 1926.

[2] **36**, 1923, S. 245.

haftigkeit ablegte. Die Staubteilchen waren teils durch die ersten Versuche, teils durch die eigene Schwere zu Boden gesunken. Daher fand die Kondensation jetzt nur mehr an den wenigen Atombahnen statt. Dieser viel geringere Wasserausfall wurde genügend schnell wieder ersetzt, die Versuche gelangen Schlag auf Schlag.

Daraus ergibt sich zunächst eine Verhaltungsvorschrift, um sich bei den bisherigen Geräten vor Versagern zu schützen. Man muß die ersten Entspannungen schon einige Zeit, am besten einige Tage, vor der Vorführung vornehmen. Inzwischen soll der Apparat geschlossen stehen bleiben, so daß die Luft in der Kammer sich nicht erneuern kann, aber der weite Hahn soll dabei offen stehen, damit der Nebelraum sich vollständig mit Wasserdampf sättigt. Endlich kann man, um sicher zu gehen, bei der Vorführung der Versuche nach der ersten Entspannung einige Minuten mit Erklärungen ausfüllen, bevor der große Hahn zu einem zweiten Versuch wieder geschlossen wird. Dann sind auch mit dem alten Gerät Versager kaum noch zu erwarten.

Für die Umarbeitung ergab sich also die Notwendigkeit, die bei den ersten Versuchen ausgeschiedenen Wassermengen zu verringern, bzw. das Neueindringen von Wasser in die Kammer zu erleichtern. Die letzte Forderung konnte am leichtesten erfüllt werden. Die Bohrung des großen Hahnes wurde noch weiter und der Verbindungsweg mit dem Wasserspiegel noch kürzer gemacht, soweit das eben möglich war. Aber auch die erste Forderung konnte sogar recht weitgehend erfüllt werden. Die Kondensationskammer des ersten Gerätes bestand nämlich im wesentlichen aus einem Glastrichter, von dem nur der vordere, durch eine Blechplatte abgeschlossene Teil zur Sichtbarmachung der Atombahnen verwendet wurde. Die Wasserkondensation fand aber in dem ganzen Trichter statt, soweit die Entspannung wirkte, also bis an den großen Hahn. In diesem ganzen Raum wurde bei der Kondensation Wasser ausgeschieden, und beim Wiedereindringen von der Wasseroberfläche her wurde erst dieser Raum und dann erst die eigentliche Kammer mit Wasserdampf versehen. Wenn daher dieser Raum ganz fortfiel, so wurde nicht bloß jegliche unnötige Wasserausscheidung vermieden, sondern es gelangte auch der wieder eindringende Wasserdampf sogleich in den wirksamen Teil der Kammer. Nach diesen Erwägungen wurde der Nebelraum umgestaltet. Zum leichteren Verständnis sei die Fig. 1 aus der früheren Mitteilung hier noch einmal abgedruckt. Der Raum *D* hinter der Platte wurde so weit unterdrückt, als eben möglich war, um der Luft Platz zu lassen zum Abströmen durch den weiten Hahn. Die Erfolge zeigten dann auch die Richtigkeit dieser Überlegungen. Der neue Apparat kennt keine Versager mehr. Zugleich wurde auch der eigentliche Nebelraum noch etwas verkleinert im Durchmesser. Damit aber trotzdem auch die Alphateilchen größerer Reichweite ganz zur Ausbildung kommen können, wurde die Nadel mit dem Radium nicht mehr in der Mitte, sondern ein Stück unterhalb angebracht und nur oben mit Radium belegt. Im ganzen wurde der Nebelraum von etwa 600 ccm auf 240 ccm, also fast ein Drittel verkleinert. Wegen des verringerten Kondensationsraumes konnten dann auch die Flaschen annähernd in demselben Verhältnis verkleinert und dadurch das ganze Gerät wesentlich handlicher gestaltet werden. Das Verbindungsrohr *U* der beiden Flaschen wurde von der Firma Leybolds Nachf. aus Metall hergestellt und bildete so eine unzerbrechliche

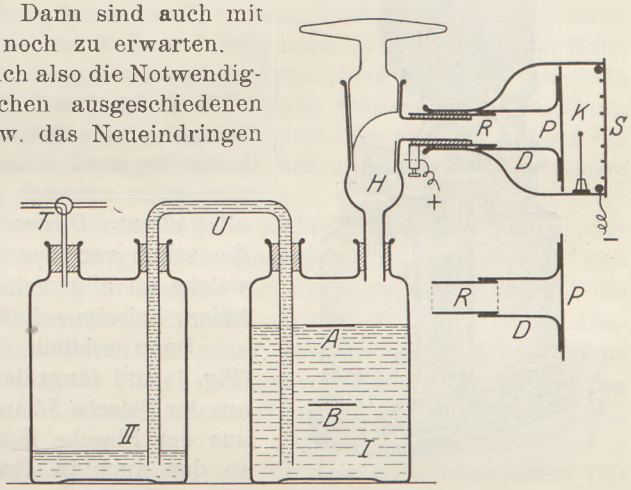


Fig. 1.

Verbindung der beiden Teile. Schließlich wurden die Flaschen noch in eine gußeiserne Grundplatte eingekittet, so daß nun das ganze Gerät fest zusammenhängt und auch im vollständig zusammengesetzten Zustand verschickt werden kann. Fig. 2 zeigt die neue Anordnung.

Um das Gerät versuchsbereit zu machen, muß es nur mit Wasser gefüllt werden. Zu dem Zweck nimmt man am besten das Küken des weiten Hahnes ganz heraus und führt an seiner Stelle einen Trichter ein, durch den so lange reines Wasser eingefüllt wird, bis das Wasser noch etwa 2 bis 3 cm vom oberen Flaschendeckel absteht. Dann bringt man das Küken wieder an seine Stelle und kann sogleich mit den ersten Versuchen beginnen, die vor allem den Zweck haben, die Staubteilchen aus der Luft der Nebelkammer zu entfernen.

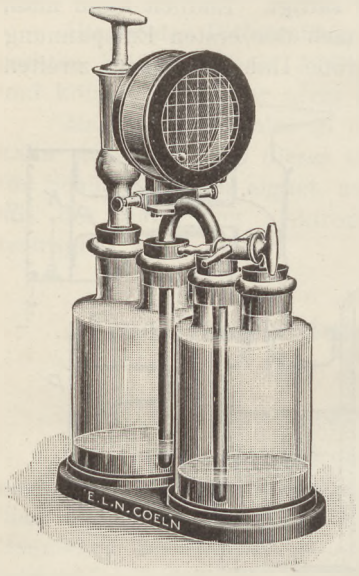


Fig. 2.

Das Anstellen der Versuche geschieht ganz wie bei dem alten Instrument. An die zwei Klemmschrauben wird zuerst irgend eine Gleichstromspannung zwischen 60 und 200 Volt angelegt. Eine Anodenbatterie, die Spannung des Gleichstroms vom Ortsnetz (mit Sicherheitswiderstand zwischen 100 und 10000 Ohm), auch eine ganz schwach geladene Leidenerflasche hat mir oft gedient. Dieses elektrische Feld soll bekanntlich die schon vor der Entspannung vorhandenen Ionen, welche im allgemeinen die Kammer gleichmäßig ausfüllen, beiseite schaffen.

Dann schließt man zuerst den großen Hahn H (Fig. 1) und fängt dann an, von T her die Luft zuerst aus der Flasche II auszupumpen. Dabei tritt das Wasser aus der Flasche I durch das U-Rohr nach II über, so daß auch in I unterhalb des weiten Hahnes ein luftverdünnter Raum entsteht. Ist diese Luftverdünnung weit genug vorgeschritten, so öffnet man mit einer schnellen Handbewegung den weiten Hahn; die Luft aus der Kammer stürzt in den luftverdünnten Raum und kühlt sich dabei so weit ab, daß sie mit Wasserdampf übersättigt ist. Es bildet sich ein dichter Nebel, indem zuerst die in dem Raum vorhandenen Staubteilchen als Kondensationskerne dienen. Der Nebel erfüllt daher gleichmäßig die ganze Kammer. Und wenn man dieselbe von der Seite her mit einer starken Lichtquelle bestrahlt, so sieht man den Nebel durch die vordere Verschlußplatte hindurch, besonders wenn der Versuchsraum im übrigen etwas abgedunkelt wird.

Als Lichtquelle benutzt man zweckmäßig die Lampe eines Bildwurfgerätes, Bogenlampe oder Glühlampe; auch die kleinen Bogenlampen nach Classen und ähnliche sind gut brauchbar. Es ist entschieden anzuraten, daß die Lampe sogleich wieder ausgelöscht werde, nachdem man den Nebel, und später die Nebelbahnen betrachtet hat, nicht sowohl aus Sparsamkeitsrücksichten, sondern weil sich sonst wegen der seitlichen Erwärmung in der Kammer eine Luftzirkulation einstellen muß, die später die schöne gerade Gestalt der Atombahnen verzerren würde. Verfasser zieht es deshalb vor, das Licht von oben einfallen zu lassen. Mit einer Glühlampe kann das ohne weiteres geschehen. Bei einer Bogenlampe kommt das Licht von der Seite her, ich lasse es dann über die Kammer wegstreichen, bringe aber oben einen Streifen Spiegelglas an unter einem Winkel von 45^0, der das Licht dann ebenfalls von oben her in die Kammer hineinwirft.

Bei den ersten vorbereitenden Versuchen mache man die Luftverdünnung möglichst stark, man pumpe also solange aus, bis das Wasser in der Flasche I nur noch etwa 1 cm hoch steht. Dann wird der vorhandene Staub sehr schnell und vollständig mit zu Boden gerissen. Schon dabei wird man in dem allgemeinen Nebel

eine Reihe Bahnen unterscheiden können, weil sie einen dichteren Nebel enthalten. Um aber diese Bahnen möglichst rein und deutlich zur Erscheinung zu bringen, gehe man nun umgekehrt bei den eigentlichen Vorführungen mit der Luftverdünnung weiter zurück. Schon wenn der Wasserspiegel in der Flasche *I* sich noch 2, 3, 4 cm über dem Boden befindet, höre man mit dem Auspumpen auf. (Die günstigste Stelle wird man bald finden und dann durch eine aufgeklebte Marke kenntlich machen). Bei der Entspannung wird dann der ganze Raum dunkel, d. h. von Nebel frei bleiben, ausgenommen die Bahnen, auf denen die eben ausgesandten Alphateilchen ihre Ionen erzeugt haben, die sich dann als helle Linien auf dem dunklen Hintergrunde sehr deutlich abheben.

Will man den Versuch wiederholen, so muß man zuerst in der Kammer den gewöhnlichen Luftdruck wieder herstellen. Das geschieht, indem man mittels des kleinen Hahnes den Vorraum *II* (Fig. 1) mit der äußeren Luft in Verbindung setzt, die Luft dringt in *II* ein, und treibt das Wasser zurück nach *I*. Da der große Hahn noch offen steht, wird auch in der Kammer derselbe Druck hergestellt wie oberhalb des Spiegels von *I*. Dann erst schließt man den großen Hahn wieder, womit das Gerät zum folgenden Versuch bereit ist. Man stellt durch Drehen des kleinen Hahnes die Verbindung der Flasche *II* mit der Luftpumpe wieder her und beginnt von neuem mit dem Auspumpem.

Als Luftpumpe kann man sehr zweckmäßig jede kleine Wasserstrahlpumpe verwenden. Bessere Pumpen wird man nicht gern für diese Versuche heranziehen, weil leicht Wasser und immer Wasserdampf eindringt. Um aber auch in Räumen, die keine Wasserleitung enthalten, die Versuche vorführen zu können, wurde durch Umkehrung bzw. Neuherstellung eines Ventils aus einer gewöhnlichen Fahrradpumpe ein billiges, aber vollständig hinreichendes Mittel der Luftverdünnung gewonnen, das auch von Schülerhänden leicht bedient werden kann. Nach einigen Zügen schon hat man genügende Verdünnung erreicht.

Der Firma E. Leybolds Nachf., Köln, danke ich für das Entgegenkommen, das sie meinen vielen Wünschen gegenüber bei dieser Umarbeitung gezeigt hat.

Versuchsgerät zur Erläuterung der Elektronenröhre und ihrer Anwendungen.

Von **P. Hanck** in Pasewalk.

Die schnelle Entwicklung der drahtlosen Telegraphie, die ungeahnte Verbreitung des Rundfunks, sein Eindringen in weite Volksschichten haben auch den Physiklehrer vor neue Aufgaben gestellt. Während man sich im Unterricht noch bis vor kurzem abgesehen von den zur Einführung in die Lehre von den elektrischen Schwingungen dienenden Versuchen, Hertzschen Wellen, Lecherschen Versuchen, Teslaströmen, im wesentlichen auf die Übertragung von Zeichen mit Hilfe des Kohärers beschränkte, wird man jetzt den veränderten Verhältnissen Rechnung tragen und den Unterricht der durch die Elektronenröhre angebahnten Entwicklung anpassen müssen. Hierzu wird man auch schon durch das Interesse der Schüler, das sich besonders eifrig diesem Gebiete zuwendet, bestimmt werden. Zweifel dürften nur hinsichtlich des Umfanges der Lehrstofferweiterung bestehen. Detektor-Empfänger, Röhren-Empfänger und Sender in einfachster Form werden heutigentags wohl die meisten Physiklehrer im Unterricht behandelt wissen wollen. Über Schwebungsempfang, Wellenmesser, Resonanzkurven werden die Meinungen schon geteilt sein. Darüber hinaus wird man nur vereinzelt gehen.

Größere Schwierigkeiten als die Stoffauswahl wird die experimentelle Darbietung bereiten. Diese kann natürlich nicht durch einen geschlossenen Empfangsapparat in der bekannten Kästchenform erfolgen. Wenn solche Apparate zum Teil beschafft

wurden, so muß man diese Tatsache als Entgleisung bezeichnen, die im Anfang der Entwicklung zu verstehen war, die man aber jetzt, wo das Rundfunkfieber sich gelegt hat und man ruhiger und sachlicher urteilt, nicht mehr gutheißen kann. Sie können wohl zur allgemeinen Benutzung in der Schule dienen zur Übermittelung von Musikstücken und Vorträgen, sie können auch für den Sprachunterricht verwandt werden und so Lehrer und Schüler fördern, aber für die Zwecke des physikalischen Unterrichts kommen sie nicht in Frage. Solch ein geschlossener Apparat mit einigen geheimnisvollen Lampen und Drehknöpfen kann bei den Schülern wohl Staunen und Bewunderung hervorrufen, ihnen aber nimmermehr Verständnis für die Einrichtung und Wirkungsweise von Telephonieempfängern bringen. Hierzu sind offene Apparate nötig, bei denen alle Teile übersichtlich angeordnet sind und alle Verbindungen verfolgt werden können, und dann natürlich nicht nur Empfangsapparate, sondern auch Versuchsgerät zur experimentellen Vorführung aller zu besprechenden Erscheinungen. Dieses zu beschaffen oder zu ergänzen, wird sich jede Schule angelegen sein lassen müssen. Die Ausführung, die zum Teil durch örtliche Verhältnisse bedingt ist, kann nun außerordentlich verschieden sein. Deshalb möchte ich im folgenden unter Berücksichtigung einiger Verbesserungen, die ich im Laufe der Zeit als zweckmäßig erkannte, einmal zeigen, wie ich mir mein Gerät zusammenstellte.

Zunächst galt es die Frage zu entscheiden, ob vollständige Apparate oder Einzelteile zu wählen sind. Im Unterricht ist es ja sicher erwünscht, wenn alle Versuchsanordnungen aus ihren Elementen vor den Augen der Schüler entstehen, da sich aber eine Reihe von Schaltungen wiederholt und ihr jedesmaliger Aufbau vor der Klasse oder bei persönlicher Vorbereitung des Lehrers als lästig und zeitraubend empfunden wird, bei schwierigen Verbindungen Schaltfehler außerdem oft schwer entdeckt werden und eine Quelle großen Verdrusses sein können, habe ich häufig gebrauchte Zusammenstellungen auf besonderen Grundbrettern mit festen Verbindungen aufgebaut und die verwendeten Teile, soweit es mir erwünscht erschien, auswechselbar gestaltet.

Zur Einführung in die Theorie der Elektronenröhre verfertigte ich ein Schaltbrett $20 \times 15 \times 2$ cm, dessen Grundriß in schematischer Zeichnung Fig. 1 zeigt. Bei 1, 2, 3 und 4 sind Steckbuchsen zur Aufnahme der Röhre eingelassen. Man wählt eine Normallampe, deren Glühen von den Schülern beobachtet werden kann. Der Stromverbrauch während der kurzen Zeit des Experimentierens ist so gering, daß sie für Versuchszwecke den sonst allgemein verbreiteten Sparlampen entschieden vorzuziehen sind. 5, 6 und 7 bedeuten Buchsen für einen Dreifach-Stecker, der den Strom der Heiz- und Anodenbatterie zuführt. 8, 9, 10 und 11 sind Apparateklemmen, die auch durch Buchsen ersetzt werden können. Zwischen 1 und 7 ist zur Regelung der Stromstärke ein Widerstand mit Drehknopf eingeschaltet. Die käuflichen Widerstände sind nicht zur Befestigung auf einem Grundbrett eingerichtet, da sie meist in Kästen eingebaut werden, ihre Verwendung erweist sich für vorliegenden Zweck also recht unbequem. Fig. 2 zeigt, wie ich mir geholfen habe. Der Widerstand ist an einem dünnen Brettchen befestigt, das durch Träger aus 5 mm starken Eisenstäben, die mit Schraubengewinde versehen sind, auf dem Grundbrett gehalten wird.

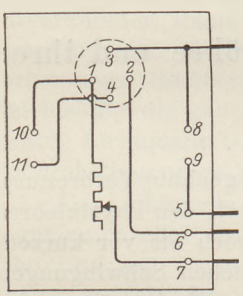


Fig. 1.

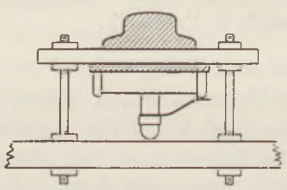


Fig. 2.

Besonderes Isoliermaterial wurde nicht benutzt, sämtliche Klemmen und Buchsen wurden direkt in das Grundbrett geschraubt. Der Bau von Schaltbrettern gestaltet sich so viel einfacher, und zudem gewinnen sie an Übersichtlichkeit, ohne daß man bei den üblichen Versuchen eine merkliche Beeinträchtigung der Wirkung feststellen kann, worauf ich ausdrücklich aufmerksam machen will.

Den Anodenstrom lieferte anfangs eine Trockenbatterie, die jedoch durchaus unwirtschaftlich ist, da ihre Spannung auch bei Nichtgebrauch bald nachläßt. Später ersetzte ich sie durch eine Batterie aus kleinen Akkumulatorzellen, wie sie für vorliegenden Zweck in verschiedenen Ausführungen von der Varta-Akkumulatorenfabrik hergestellt werden. Ich wählte den Typ 10 W, bei dem 10 Zellen in einem einzigen Glasgefäß, das an den Enden Polklemmen trägt, eingebaut sind. Der Strom kann auch von Zelle zu Zelle durch die bekannten Anodenstecker abgenommen werden. Die Kapazität dieser Batterie beträgt 1200 Milliampere-Stunden, so daß eine Ladung bei einer Stromentnahme von 10 Milliampere 120 Betriebsstunden reicht. Der Ladestrom beträgt 0,07 Ampere. Fünf Elementgruppen mit je 10 Zellen setzte ich in einem dafür gefertigten Kasten zu einer Batterie von 100 Volt Spannung zusammen. Bei messenden Versuchen ist eine solche Batterie sehr angenehm, ein besonderer Spannungsmesser wird sich meist erübrigen.

Das Röhrenschaltbrett dient zur Ausführung der Grundversuche, weiter aber auch zur Zusammensetzung eines Niederfrequenzverstärkers, eines Senders und Empfängers. Die dazu nötigen Einzelteile, Transformatoren, Silitstäbe, Blockkondensatoren, Halter für Honigwabenspulen, lassen sich leicht auf einem passenden Brett befestigen und mit Anschlußklemmen versehen. Größere Schwierigkeiten bereiten die Drehkondensatoren; ich baute drei mit einer Kapazität von je 1000 cm in würfelförmige Holzkästen ein. Damit sie bequem zugänglich sind und Drahtverbindungen zu den Anschlußklemmen leicht gezogen werden können, wurde die Grundfläche des Würfels offen gelassen. Die Zuführungsklemmen sind an zwei gegenüberliegenden Seitenflächen (Fig. 3) angebracht. Von ihnen sind durch kleine Durchbohrungen dieser Flächen Drähte nach dem Kondensator geführt.

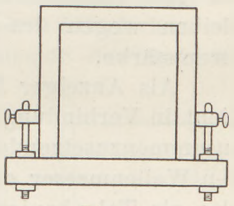


Fig. 3.

Statt der Honigwabenspulen kann man auch Flachspulen verwenden. Man nehme jedoch nur Spulen mit deutschen Steckern, die in entsprechende Buchsen eingesetzt werden können. Bei ihnen haben die Steckerstifte denselben Abstand wie die von Detektor und Summer, so daß dieselben Grundbretter auch als Halter für diese Teile dienen können und ein Auswechseln sehr bequem ist. Für Schaltungen mit Sekundärkreis oder mit Rückkoppelung wird man außerdem einen zweiteiligen Halter mit drehbarem Gelenk zur Veränderung der Koppelung benötigen. Über die Verwendung von einstellbaren Blockkondensatoren vergleiche man meinen Aufsatz: Die Elektronenröhre als Erzeuger von Hörfrequenzschwingungen (diese Zeitschr. **40**, 24; 1927).

Auf besonderen Schaltbrettern stellte ich nun weiter zwei kleine Röhrensender, einen Audion-Empfänger, einen Zweifach-Niederfrequenzverstärker und einen Wellenmesser her. Diese Geräte werden so häufig gebraucht, daß man nach erstmaligem Aufbau aus einzelnen Teilen später die mühevolle Zusammensetzung vermeiden und eine fertige Schaltung vorziehen wird.

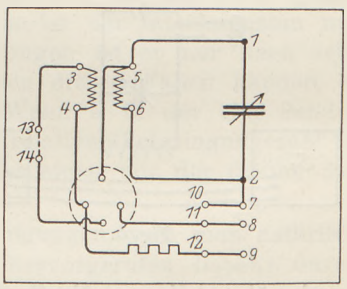


Fig. 4.

Das Prinzip eines einfachen Röhrensenders mit induktiver Koppelung von Anoden- und Gitterkreis ist wohl zu bekannt, als daß es hier wiederholt werden müßte. Den Aufbau des Schaltbrettes zeigt Fig. 4. In 1 und 2 trägt das Brett zwei Stecker, auf das einer der oben beschriebenen Kondensatoren mit den Anschlußklemmen gesetzt werden kann. Die Stecker sind aus 3 mm starken Nägeln hergestellt, an die nach Entfernung der Köpfe ein Gewinde geschnitten wurde; sie werden durch je zwei Schraubenmuttern auf dem Grundbrett gehalten. Die Art der Verbindung von Kondensator und Grundbrett, die den Kondensator mit einem einfachen Handgriff abzunehmen und anderweitig zu benutzen gestattet, geht genauer aus Fig. 3 hervor. 3, 4 und 5,

6 sind je zwei Steckerbuchsen für Honigwaben- oder Flachspulen. Die Stromzuführung erfolgt wieder durch einen Dreifachstecker bei 7, 8, 9 oder 10, 11, 12. Die Leitung des Gitterkreises kann bei 13, 14 durch einen Kurzschlußstecker unterbrochen werden.

Der in dem Heizstromkreis liegende Widerstand ist ein Eisenwasserstoff-Widerstand, der in einen dazu gehörigen käuflichen Halter eingesetzt wird. Diese Widerstände sind mit ihren Haltern viel einfacher zu befestigen als die Regulierwiderstände, und man kommt meist mit ihnen aus. Vorausgesetzt ist natürlich, daß sie der verwendeten Röhre angepaßt sind. Wenn nötig, kann man sie auch durch selbstgefertigte Widerstände ersetzen. Man schneidet aus einem starken Karton ein Stück von $6 \times 1{,}5$ cm heraus, wickelt auf diesem Eisendraht von 0,2 mm Durchmesser recht fest auf, so daß die einzelnen Windungen sich in die Kanten des Kartons pressen und sich nicht verschieben können, zieht die Drahtenden durch je 2 kleine Durchbohrungen und lötet sie, damit die Windungen sich nicht wieder lockern können, an der ersten und letzten Windung fest. Der so gefertigte Widerstand wird ebenso wie der Eisenwasserstoff-Widerstand in den Halter gesetzt. Geringe Spannungsänderungen bleiben wegen des hohen Temperaturkoeffizienten des Eisens ohne Einfluß auf die Stromstärke.

Als Anzeiger für die von dem Apparat erzeugten ungedämpften Schwingungen dient in Verbindung mit einem empfindlichen Galvanometer ein aus seinen Elementen zusammenzusetzender Detektor-Empfänger, der aber auch durch den später zu besprechenden Wellenmesser ersetzt werden kann. Wenn man Sprache übertragen, den Apparat also als Telephoniesender benutzen will, entfernt man den Kurzschlußstecker, verbindet die Buchsen 13 und 14 mit einem Blockkondensator und legt parallel zu diesem die Sekundärspule eines Transformators, dessen Primärspule mit Mikrophon und Stromquelle verbunden ist. Um dem Apparat eine größere Reichweite zu geben, verbindet man die Klemmen des Drehkondensators mit Antenne und Erde. Bei Benutzung einer gewöhnlichen Röhre kann man so innerhalb des Schulgebäudes Sendeversuche anstellen.

Nach der angegebenen Schaltung konstruierte ich noch einen zweiten, jedoch spiegelbildlich aufgebauten Sender, bei dem die in Fig. 4 links vom Kondensator liegenden Spulen nach rechts verlegt sind. Die Stromzuführung erfolgt bei diesem am einfachsten vom ersten Sender aus vermittels zweier Dreifachstecker, deren entsprechende Stifte durch Leitungsschnüre verbunden sind. Für den ersten Sender ist aus diesem Grunde auch eine Doppelreihe von Steckbuchsen 7, 8, 9 und 10, 11, 12 vorgesehen; durch die eine wird der Strom zugeführt, durch die andere zum zweiten Sender weitergeleitet.

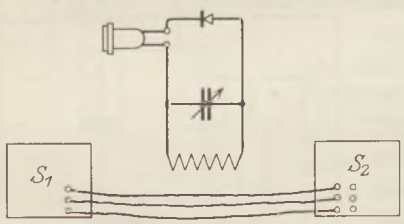


Fig. 5.

Beide Sender dienen zur Vorführung einer Erscheinung, die theoretisch und praktisch von großer Bedeutung ist, nämlich zur Erzeugung von Schwebungen. Zur Aufnahme stellt man nach Fig. 5 zwischen die Spulen der beiden Sender S_1 und S_2 einen abstimmbaren Detektor-Empfänger und nähert diesem die Spulen so weit, bis die Schwebungen nach entsprechender Einstellung der Kondensatoren der Sender im Lautsprecher deutlich wahrnehmbar sind. Alsdann stellt man den Kondensator des Empfängers auf größte Lautstärke des Schwebungstones ein. Bei der Ausführung des Versuches wird man die Beobachtung machen, daß die Anordnung gegen Kapazitätseinflüsse außerordentlich empfindlich ist. Schon die Annäherung der Hand genügt, um die Schwebungen zum Verschwinden zu bringen, eine geringe Änderung der Stellung des Drehkondensators kann den Ton umschlagen lassen.

Um den Einfluß des Kondensators recht deutlich zu zeigen, verbindet man die beiden Endklemmen eines Sender-Kondensators mit zwei Fußklemmen, die zwei Bleche

12×12 cm tragen. Die Bleche bringt man in eine Entfernung von etwa 5 cm, so daß sie wie ein Zusatzkondensator wirken, und stellt den Drehkondensator auf Null-Lage, d. h. auf Verschwinden des Interferenztones ein. Entfernt man die Bleche voneinander, so entsteht ein tiefer Ton, der allmählich immer höher wird. Nähert man die Bleche von der Null-Lage aus, so beobachtet man dieselbe Erscheinung. Schlägt man leicht gegen eines der Bleche, so daß es einige Zeit kurz hin und her schwingt, so macht sich die dadurch hervorgerufene Kapazitätsänderung sehr drastisch als Zwitscherton im Lautsprecher bemerkbar.

Den Schwebungsempfang ungedämpfter Wellen kann man durch Einschalten eines Telegraphentasters in den Anodenstromkreis nachahmen. Seinem jedesmaligen Herunterdrücken folgt, wenn die Sender auf Schwebungen eingestellt sind, ein Ton.

Die Apparatur ist nun auch vorzüglich zum Nachweis von elektrischen Oberschwingungen geeignet. Bringt man sie auf Interferenz und schaltet dann bei einem der Sender den vierten Teil der Kapazität ein, so daß nach der Formel $\lambda = 2\pi\sqrt{L \cdot C}$ die Wellenlänge der ausgestrahlten Schwingung nur halb so groß wie vorher ist, der Sender also die Oktave gibt, so hört man wieder deutlich einen Interferenzton, weil jetzt die Welle mit der ersten Oberschwingung des anderen Senders interferiert. Da die Amplitude der Oberschwingung kleiner ist und der Kondensator des Detektor-Empfängers auf die Grundwelle eingestellt ist, so ist die Lautstärke des Interferenztones hier naturgemäß geringer, aber sie ist immerhin so groß, daß der Versuch mit Lautsprecher ausgeführt werden kann.

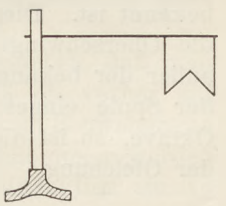


Fig. 6.

Damit die Schüler die Kondensatorstellung beobachten können, sie also sehen, daß für die Interferenz die erste Oberschwingung in Frage kommt, verfährt man folgendermaßen: Den Kondensator des Senders, dessen Spule die kleinere Selbstinduktion hat, dreht man auf 180^0 und setzt dann auf den Drehknopf einen Heureka-Pfeil, durch den, wie Fig. 6 andeutet, eine ein Fähnchen tragende Stricknadel geführt ist. Darauf ändert man die Kondensatorstellung des zweiten Senders bis zum Auftreten des Hauptinterferenztones. Dreht man nun den ersten Kondensator um etwa 135^0, so daß also, wie man an dem Fähnchen beobachten kann, nur noch der vierte Teil der Kapazität eingeschaltet ist, so tritt Interferenz mit der ersten Oberschwingung des anderen Senders auf.

Der erste Sender gibt hier die Oktave; stellt man ihn auf die Terz, Quart, Quinte oder auf die 2. und 3. Oberschwingung ein, so ist der Interferenzton nur noch im Kopfhörer wahrzunehmen. Bei anderen Stellungen ist er nur nach sehr vorsichtiger Drehung des Kondensators hörbar. In allen diesen Fällen handelt es sich um die Interferenz höherer Oberschwingungen. Wenn z. B. der eine Sender die Grundschwingung und der andere die Terz mit der relativen Schwingungszahl $^5/_4$ ausstrahlt, so interferiert die vierte Oberschwingung des einen mit der dritten des anderen Senders.

Beim Auftreten der Interferenztöne höherer Schwingungen weiß man natürlich nicht von vornherein, welche Schwingungen den Ton hervorgerufen haben; durch Rechnung lassen sich diese aber leicht ermitteln, wenn der Kondensator, beispielsweise der erste, geeicht ist; für den von mir benutzten Kondensator sind die Kapazitäten aus der beigefügten Tabelle zu entnehmen.

Stellung	30^0	45^0	60^0	90^0	120^0	150^0	180^0
Kapazität	172	251	342	512	685	860	1050

Deutliche Interferenztöne treten bei den Stellungen 180^0, $116{,}2^0$, 102^0, $79{,}8^0$, $43{,}4^0$ des ersten Senders auf. Die Kapazitäten für diese Stellungen sind nach der

Tabelle 1050, 663, 581, 454, 242 cm. Sie müssen um die 25 cm betragende Kapazität der Senderspule vergrößert werden, so daß die Werte 1075, 688, 606, 479, 267 cm in Rechnung zu ziehen sind. Die Schwingungszahlen verhalten sich nach den Formeln $n = \frac{c}{\lambda}$ und $\lambda = 2\pi\sqrt{L \cdot C}$ umgekehrt wie die Kapazitäten. Es muß also $\frac{n_1}{n} = \sqrt{\frac{C}{C_1}}$ sein, wenn n die Schwingungszahl der Grundwelle, n_1 die einer zweiten Welle ist und C und C_1 die zugehörigen Kondensatorstellungen bedeuten. Berechnet man so der Reihe nach die Werte

$$\sqrt{\frac{1075}{688}},\quad \sqrt{\frac{1075}{606}},\quad \sqrt{\frac{1075}{479}},\quad \sqrt{\frac{1075}{267}},$$

so erhält man

$$1{,}251,\qquad 1{,}330,\qquad 1{,}499,\qquad 2{,}004,$$

Zahlen also, die mit sehr geringer Abweichung die relativen Schwingungszahlen $^5/_4$, $^4/_3$, $^3/_2$, 2 für Terz, Quart, Quinte und Oktave angeben.

Praktische Anwendungen können die Sender bei der Messung von Kapazitäten und Selbstinduktionen finden. Genaue Ergebnisse erhält man jedoch nur unter der Voraussetzung, daß die Kapazität der Spule in dem Schwingungskreis eines Senders bekannt ist. Diese aber läßt sich gerade recht einfach und dabei sehr genau durch die Oberschwingungen ermitteln. Wenn der erste Sender auf 180° gestellt ist, ist außer der bekannten Kapazität C des Kondensators noch die unbekannte Kapazität x der Spule eingeschaltet. Bringt man dann den Kondensator des Senders auf die Oktave, so ist die bekannte Kapazität C_1 und die unbekannte x eingeschaltet. Aus der Gleichung

$$\sqrt{C + x} : \sqrt{C_1 + x} = 2 : 1$$

kann man dann die Größe x berechnen. Setzt man für C und C_1 die oben angegebenen Werte 1050 und 242 cm ein, so erhält man für x den Wert 26 cm. Stellt man auf die Quinte, Quart und Terz ein, so erhält man entsprechend die Zahlen 23, 24 und 25 cm. Die Werte stimmen also bei Berücksichtigung des Umstandes, daß die Kapazität der Hand einen merklichen Einfluß auf den Kondensator ausübt und besondere Vorsichtsmaßregeln nicht getroffen wurden, recht genau überein. Die kleinen Abweichungen spielen bei der Gesamt-Kapazität des schwingenden Systems, Kondensator, Spule, keine Rolle.

Nachdem man so die Kapazität der Spule ermittelt hat, kann man zu eigentlichen Messungen übergehen. Sehr einfach ist die Bestimmung der Kapazität eines Kondensators. Man stellt die Sender wieder auf Null-Interferenz, schaltet darauf den zu messenden Kondensator dem geeichten Kondensator des einen Senders parallel und dreht diesen so weit zurück, bis die Interferenz wie vorher auftritt. Die Größe der Zusatzkapazität läßt sich dann durch den geeichten Kondensator bestimmen.

Besonders geeignet ist nun dieses Verfahren aber gerade zur Bestimmung von kleinen Kapazitäten, bei denen andere Methoden zum Teil versagen. Verbindet man z. B. mit dem einen Pol des Kondensators einen Draht, eine Spule od. dgl., so verschwindet die Null-Interferenz, und die Größe der zum Wiederauftreten nötigen Kondensatordrehung gibt ein Maß für die Zusatzkapazität. So erhielt ich für einen geraden, 67 cm langen Draht von 3 mm Stärke eine Kapazität von 5,7 cm, für eine Kugel von 2,5 cm Radius eine solche von 2,3 cm. Etwa von derselben Größe war die Kapazität einer Honigwabenspule von 50 Windungen.

Die Spule war hierbei einpolig mit dem Kondensator verbunden. Schwieriger gestaltet sich die Messung ihrer Kapazität, wenn sie zweipolig an den Kondensator angeschlossen ist, ihm also parallel geschaltet ist, weil dadurch auch zu der Selbstinduktion im Schwingungskreis eine andere parallelgeschaltet ist. Zum Ziele führen wieder die Oberschwingungen. Man stellt den mit der zu messenden Spule ver-

bundenen geeichten Drehkondensator auf 180° und bringt den Kondensator des zweiten Senders auf Null-Interferenz. Sodann stellt man den ersten Sender auf die Oktave. Die in Rechnung zu ziehende Kapazität setzt sich zusammen aus der Kapazität des Kondensators, der oben angebenen Kapazität x der Spule des Senders und der Kapazität p der Zusatzspule. Die Gleichung $\sqrt{C+x} : \sqrt{C_1+x} = 2:1$ geht also jetzt über in die Gleichung

$$\sqrt{C+x+p} : \sqrt{C_1+x+p} = 2:1.$$

Ich führte Messungen mit einer Honigwabenspule von 50 Windungen, einer Flachspule mit gleicher Windungszahl und einer Zylinderspule aus. Die Kondensatorstellungen für die Oktave waren 38,8°, 42,2° und 42,8°, die Kapazitäten danach 32, 8 und 4 cm. Man sieht also, daß die Kapazität von Honigwabenspulen im Schwingungskreis recht beträchtlich ist.

Zur Messung von kleinen Kapazitäten, etwa der einer Kugel, empfiehlt es sich natürlich, anstatt eines Kondensators von 1000 cm, wie ich ihn benutzte, einen Vergleichskondensator von etwa 50 cm zu verwenden. Einem Grad entspricht hier eine Kapazität von $^{50}/_{180}$ cm, und da man bei den käuflichen Drehknöpfen noch $^1/_5{}^0$ schätzen kann, so ist theoretisch noch eine Kapazität von $^1/_{18}$ cm der Messung zugänglich. Die Körperkapazität wird allerdings eine solche Bestimmung nur bei Anwendung ganz besonderer Vorsichtsmaßregeln ermöglichen.

Bei diesen Messungen wird man nun leicht die Beobachtung machen, daß man den kleinen Kondensator um einige Grad drehen kann, ohne daß die vorher auf Null-Interferenz gestellten Sender einen Ton hervorrufen. Es treten wohl Schwebungen auf, aber ihre Zahl ist so gering, daß sie nicht als Ton wahrgenommen werden können. Setzt man bei beiden Sendern Spulen mit kleinerer Selbstinduktion ein, so wird dadurch die Zahl der Schwebungen erhöht, und die Zone des Schweigens kann auf ein sehr kleines Intervall beschränkt werden. Praktisch wird dies meist genügen. Im übrigen kann man aber bei geringer Abänderung des Verfahrens mit äußerster Schärfe auf Null-Interferenz einstellen. Man schließt das Telephon und ein Milliamperemeter hintereinander an den Detektor-Empfänger und bringt diesen so zwischen die Sender, daß er von beiden die gleiche Energie aufnimmt, das Milliamperemeter also bei Einschaltung je eines Senders den gleichen Ausschlag zeigt. Nun ruft man den Schwebungston hervor und beobachtet dann bei weiterem, langsamem Drehen plötzlich, wenn die Schwebungen schon nicht mehr als Ton wahrgenommen werden können, ein sehr scharfes Zurückgehen des Galvanometers, die Sender stehen auf Null-Interferenz, die auf den Empfänger einwirkenden Kräfte heben sich gegenseitig auf. Diese Einstellung kann mit einer Sicherheit vorgenommen werden, wie sie bei anderen Methoden nicht leicht erreicht wird.

Die Messung von Selbstinduktionen kann nach dem Interferenzverfahren ebenfalls durchgeführt werden. Am einfachsten gestaltet sich die Bestimmung der Selbstinduktion bei kapazitätsfreien Spulen, denen die Zylinderspulen nahe kommen. Man stellt die beiden Sender auf Null-Interferenz, liest die Kapazität C_1 des geeichten Drehkondensators ab, schaltet dann zu der im Schwingungskreis liegenden Selbstinduktion L_1 eine Zylinderspule mit der bekannten Selbstinduktion L_2 parallel, stellt wieder auf Interferenz ein und ermittelt die Kapazität C_2. Da zwei Selbstinduktionen L_1 und L_2 parallelgeschaltet sind, so ist nach der Gleichung $\frac{1}{L} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2}$ die jetzt im Schwingungskreis liegende Selbstinduktion $L = \frac{L_1 \cdot L_2}{L_1 + L_2}$, und es muß, wenn der Sender zweimal auf die gleiche Welle gestellt ist, die Gleichung $C_1 L_1 = \frac{C_2 L_1 L_2}{L_1 + L_2}$ bestehen. Ersetzt man nun L_2 durch die unbekannte Selbstinduktion L_3, so besteht die Gleichung

$C_1 L_1 = \frac{C_3 L_1 L_3}{L_1 + L_3}$. Die beiden letzten Gleichungen ergeben für L_3 den Wert

$$L_3 = \frac{L_2 (C_2 - C_1)}{C_3 - C_1}.$$

Bei Verwendung einer bekannten Selbstinduktion von $L_2 = 207000$ cm erhielt ich bei den Messungen die Kondensatorstellungen 60^0, $78{,}8^0$ und $122{,}2^0$. Ihnen entsprechen die Kapazitäten $C_1 = 342$ cm, $C_2 = 449$ cm und $C_3 = 698$ cm, so daß $L_3 = \frac{207000 \cdot 107}{356} = 62200$ cm ist. Eine zweite Messung ergab für dieselbe Spule die Stellungen 70^0, $91{,}6^0$ und $140{,}7^0$ und die Kapazitäten $C_1 = 399$ cm, $C_2 = 521$ cm und $C_3 = 805$ cm. L_3 ist danach gleich 62500 cm. Die Bestimmung der Selbstinduktion nach Tabellen ergab den Wert 62200 cm. Will man nach derselben Methode die Selbstinduktion von Honigwabenspulen bestimmen, so muß man zunächst ihre Kapazität messen und C_3 um diesen Betrag vergrößern. Die oben erwähnte Honigwabenspule von 50 Windungen wurde wieder mit der Selbstinduktion von 207000 cm verglichen. Ich erhielt die Kondensatorstellungen 70^0, $91{,}6^0$ und $95{,}6^0$ und die Kapazitäten $C_1 = 399$ cm, $C_2 = 521$ cm und $C_3 = (544 + 32)$ cm. Die Selbstinduktion ist danach $L_3 = \frac{207000 \cdot 122}{177} = 142800$ cm. Der Wert wurde durch eine zweite Messung geprüft. Sie ergab die Kondensatorstellungen 100^0, $129{,}8^0$, $137{,}8^0$ und die Kapazitäten $C_1 = 570$ cm, $C_2 = 742$ cm und $C_3 = (788 + 32)$ cm, so daß L_3 hiernach gleich 142500 cm ist.

Über Empfänger und Niederfrequenzverstärker ist so viel geschrieben, daß ich mich kurz fassen kann. Der Empfänger ist ein Sekundär-Empfänger mit Rückkoppelung; er ist, weil er auch außerhalb des physikalischen Unterrichts gebraucht wird, mit festen Kondensatoren (1000 cm ohne und 500 cm mit Feineinstellung) versehen. Eine einfache Schaltung erlaubt es, ihn in einen Empfänger mit Primärkreis zu verwandeln. Die Wirkungsweise der Rückkoppelung, die wegen ihrer großen praktischen Bedeutung den Schülern erklärt werden muß, kann durch Aufnahme der Schwingungen eines der kleinen Sender gezeigt werden. Damit die durch Rückkoppelung hervorgerufenen Schwingungen nicht ausgestrahlt werden, entfernt man Antenne und Erdleitung und verbindet die zugehörigen Klemmen, so daß ein geschlossener Schwingungskreis entsteht. Bei genügender Heizung der Röhre setzen die Schwingungen ein, und man hört nach Einstellung des Kondensators den Schwebungston, der bei loser Rückkoppelung schwächer wird und schließlich ganz verschwindet. Besonders deutlich werden die auftretenden Schwebungen, wenn der Empfänger mit einem Verstärker verbunden ist, namentlich läßt sich so auch eine ganze Reihe von Oberschwingungen mit größter Lautstärke vorführen. Aus didaktischen Gründen möchte ich jedoch zu ihrem erstmaligen Nachweis die Verwendung zweier Sender empfehlen, für messende Versuche sind diese ohnehin besser geeignet, weil Grundschwingung und Oktave leicht durch die Lautstärke des Schwebungstones von den übrigen Schwingungen unterschieden werden können.

Die Verbindung des Empfängers mit dem Zweifach-Niederfrequenzverstärker erfolgt durch seitlich angebrachte Steckerstifte, wie sie in gleichen Abständen auch das Röhrenschaltbrett (Fig. 1) trägt. Die Stifte werden aus Bananensteckern gefertigt. Man entfernt den isolierenden Teil, lötet an der sonst zur Aufnahme der Leitungsdrähte dienenden Bohrung einen starken eisernen Nagel von einigen Zentimetern Länge, von dem man den Kopf entfernt hat, und schlägt den Nagel in die Seitenfläche des 2 cm starken Grundbrettes (Fig. 7). Um die Verbindung des Empfängers mit dem Verstärker zu ermöglichen, sind in letzterem auf der gegenüberstehenden Seitenfläche des Grundbrettes entsprechende Buchsen eingelassen, von denen die weiteren Leitungen ausgehen. Aus dem Röhrenschaltbrett und dem Verstärker kann man

Fig. 7.

auch einen Dreifach-Verstärker zusammensetzen, wie er für manche Versuche, z. B. zur Verstärkung des Tickens einer Taschenuhr, angenehm ist. Soll der Verstärker allein benutzt werden, so wird ein Dreifachstecker in die seitlichen Buchsen zur Stromzuführung eingesetzt.

Zur Vervollständigung der Einrichtung dient der in Fig. 8 durch Schaltschema angedeutete Wellenmesser. Auf die Stecker 1, 2 setzt man einen der Drehkondensatoren und in die Buchsen 3, 4 eine Selbstinduktionsspule, eine einlagige Zylinderspule, deren Höhe gleich dem Durchmesser ist. Die Steckerstifte zu den Spulen schnitt ich wieder aus runden Nägeln von etwa 3 mm Stärke und befestigte sie durch passende Schraubenmuttern an den Spulen (Fig. 9). Diese Stecker passen in Buchsen, wie sie zum Einsetzen von Röhren verwandt werden. Will man exakter verfahren, so kann man die Nägel auch, wie oben angegeben, in elastische Stecker einlassen und diese in passende Buchsen setzen. Über die Eichung eines Wellenmessers durch Bestimmung der Kapazität und Selbstinduktion habe ich in meinem Artikel „Die Eichung eines Wellenmessers“ (diese Zeitschr. XXXIX, S. 30) ausführlich berichtet. Setzt man in 5, 6 einen Detektor und verbindet 7, 8 mit einem Spiegelgalvanometer oder Telephon, so wird die aufzunehmende Welle nach Einstellung des Kondensators angezeigt. In dieser Form dient der Wellenmesser zugleich als abstimmbarer Detektor-Empfänger, er kann so auch zur Aufnahme einer Resonanzkurve benutzt werden. Ersetzt man den Detektor durch einen Summer und schließt anstatt des Telephons eine Stromquelle an, so hat man einen Wellenmesser in Summerschaltung. Zum Einsetzen von Honigwabenspulen oder Flachspulen zwecks Bestimmung ihrer Selbstinduktion nach dem bekannten Wellenmesserverfahren dienen die Buchsen 9, 10. Soll der Wellenmesser zur Bestimmung von Kapazitäten verwandt werden, so können diese gegen den Drehkondensator ausgetauscht werden.

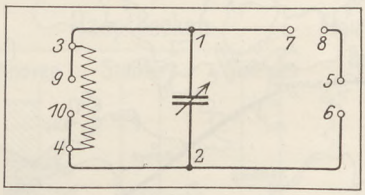


Fig. 8.

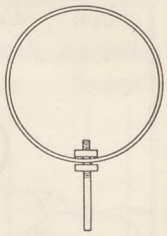


Fig. 9.

Im folgenden seien die notwendigen Teile noch einmal im Zusammenhang aufgeführt.

1 Röhrenschaltbrett mit Vorschaltwiderstand.
2 Schaltbretter für kleine Sender.
1 Schaltbrett zum Wellenmesser.
1 Rückkoppelungsempfänger } voll-
1 Zweifach-Niederfrequenzverstärker } ständig.
3 eingebaute Drehkondensatoren, 1000 cm Kapazität.
1 Blockkondensator, 1000 cm Kapazität.
1 Blockkondensator, 300 cm Kapazität.
1 Silitwiderstand.
4 einstellbare Blockkondensatoren.
1 Satz Honigwabenspulen.
3 einfache Spulenhalter.
1 zweiteiliger Spulenhalter.
3 einlagige Zylinderspulen mit bekannter Selbstinduktion.
1 Transformator.
1 Detektor.
1 Summer.
4 Eisenwasserstoffwiderstände.
1 Kopfhörer.
1 Lautsprecher.
1 Akkumulatoren-Anodenbatterie.
Verschiedene Röhren und Stecker.

Überblick über die Aufschlüsse, die Verbreitung, die Gliederung und den Inhalt der deutschen Kalisalzlagerstätten[1].

Von Dr.-Ing. **E. Fulda** in Berlin.

Die geologische Erforschung der deutschen Zechsteinsalze ist auf die Aufschlüsse angewiesen, die durch Bergbau und Tiefbohrtätigkeit geschaffen worden sind. Die Wissenschaft hat allmählich manche Fortschritte gemacht, die das Werden der Salze

[1] Vortrag, gehalten am 11. November 1927 im Auftrage der Staatlichen Hauptstelle für den naturwissenschaftlichen Unterricht in der Preußischen Geologischen Landesanstalt in Berlin.

in der geologischen Vergangenheit klarer erkennen lassen, obgleich es immer noch ungelöste Probleme genug gibt.

Der Kalisalzbergbau hat bekanntlich in Staßfurt angefangen, wo in den 50er Jahren des vorigen Jahrhunderts bei der Aufsuchung von Steinsalz durch Zufall die ersten Kalisalze entdeckt wurden. Seit 1861 ist dort der Kalisalzbergbau im Gange.

In den ersten drei Jahrzehnten, etwa bis 1890, blieb der Kalisalzbergbau auf die nähere Umgebung von Staßfurt beschränkt. Von geologischer Seite wurde irrtümlich angenommen, die Magdeburg-Halberstädter Mulde habe bereits in der

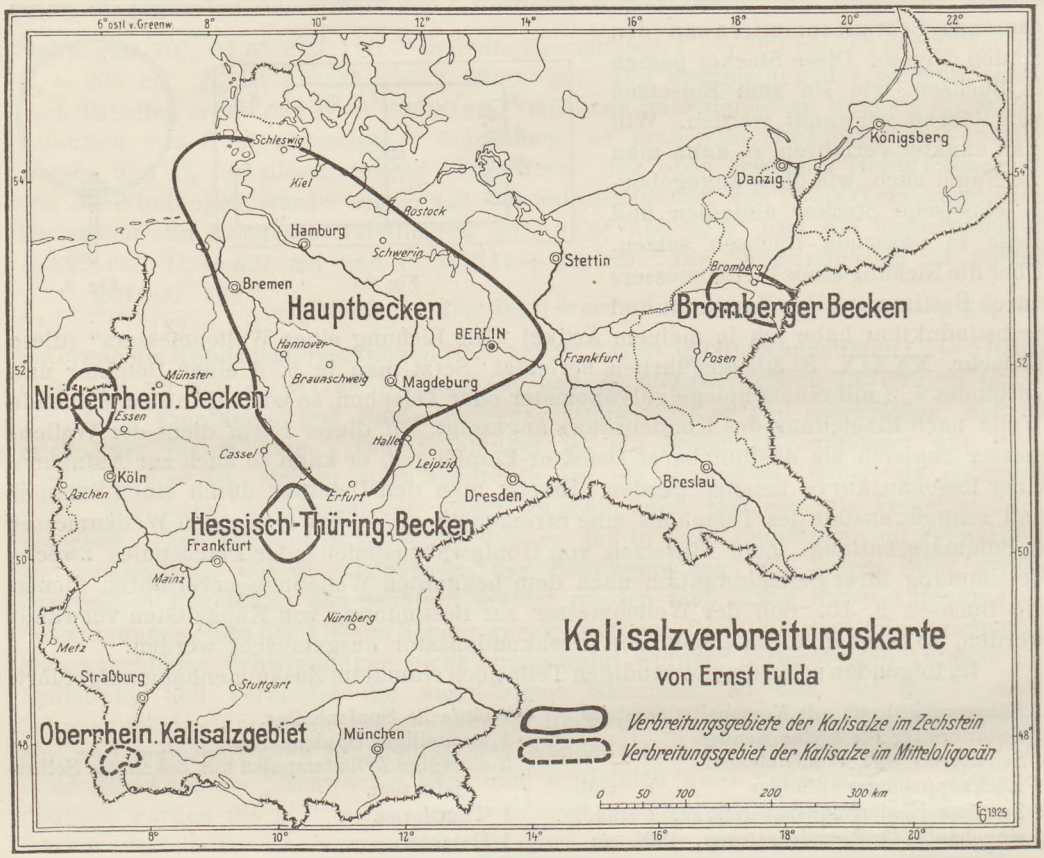


Fig. 1. Mutmaßliche Lage der einzelnen Salzseen, in denen sich Salzlagerstätten gebildet haben.

Zechsteinzeit bestanden und sei damals eine vom offenen Meere abgetrennte Bucht gewesen, die die Bildung des Salzes begünstigt habe.

Allmählich machte man sich von dieser Anschauung frei. Auch außerhalb des Staßfurter Gebietes wurden Tiefbohrungen angesetzt, die zu den erhofften Erfolgen führten. Funde bei Sondershausen, bei Salzungen, bei Hildesheim und bei Lübtheen in Mecklenburg erbrachten den Beweis, daß die Kalisalze des Oberen Zechsteins sich über einen großen Teil Mittel- und Norddeutschlands erstrecken. Ausgedehnte Gebiete in den Provinzen Hannover, Sachsen, Brandenburg und Hessen-Nassau und in den Ländern Mecklenburg, Braunschweig, Anhalt und Thüringen erwiesen sich als kalisalzführend. Schließlich wurden sogar am Niederrhein im Westen und bei Hohensalza im Osten Kalisalze entdeckt.

Die Zeit von 1890—1907 wird durch eine besonders rege Bohrtätigkeit gekennzeichnet, die zur Auffindung von Kalisalzen an sehr vielen Stellen führte. Im Jahre 1907 wurde die übermäßig wuchernde Gründertätigkeit durch eine Abänderung des

preußischen Berggesetzes wesentlich eingeschränkt. Damit fand die Tiefbohrtätigkeit, die bereits weit über den Bedarf hinaus Lagerstätten nachgewiesen hatte, ein Ende. Der Bau von Schächten in den kalifündigen Feldern wurde aber bis 1914 lebhaft fortgesetzt. Das Reichskaligesetz, das im Jahre 1910 herauskam, förderte den Bau übermäßig vieler Schächte ganz gegen seine ursprüngliche Absicht.

Als im Jahre 1914 der Krieg ausbrach, befand sich die Kaliindustrie in einem unhaltbaren Zustande. Die Zahl der Kaliwerke war derartig angewachsen, daß an eine ausreichende Beschäftigung aller Werke nicht mehr gedacht werden konnte. Unter Kriegsrecht wurde daher zunächst das Abteufen weiterer Schächte untersagt. Dieses Verbot ist durch die Gesetzgebung der Nachkriegszeit weiter aufrecht erhalten worden.

Es stellte sich aber bald heraus, daß darüber hinaus noch etwas geschehen mußte, um die Kaliindustrie rentabel zu gestalten. Von den viel zu vielen Werken mußte ein großer Teil stillgelegt werden, damit die Zahl der betriebenen Werke mit der Höhe des Absatzes in Einklang kommen konnte. Dies wurde durch eine Verordnung im Jahre 1922 angebahnt. Sie hat bewirkt, daß von 228 Kalischächten knapp die Hälfte in einem betriebsfähigen Zustande erhalten werden. Tatsächlich in Förderung stehen heute nur noch etwa 50 Schächte.

Von der Stillegung wurden teils solche Werke betroffen, deren Ausbau noch nicht beendet war und voraussichtlich noch erhebliche Geldmittel erfordert haben würde, teils solche Werke, die wegen ungünstiger geologischer Verhältnisse hohe Selbstkosten bei der Gewinnung der Kalisalze aufwiesen. Nur Werke mit hochprozentigen Kalisalzen in günstiger Ablagerung blieben bestehen.

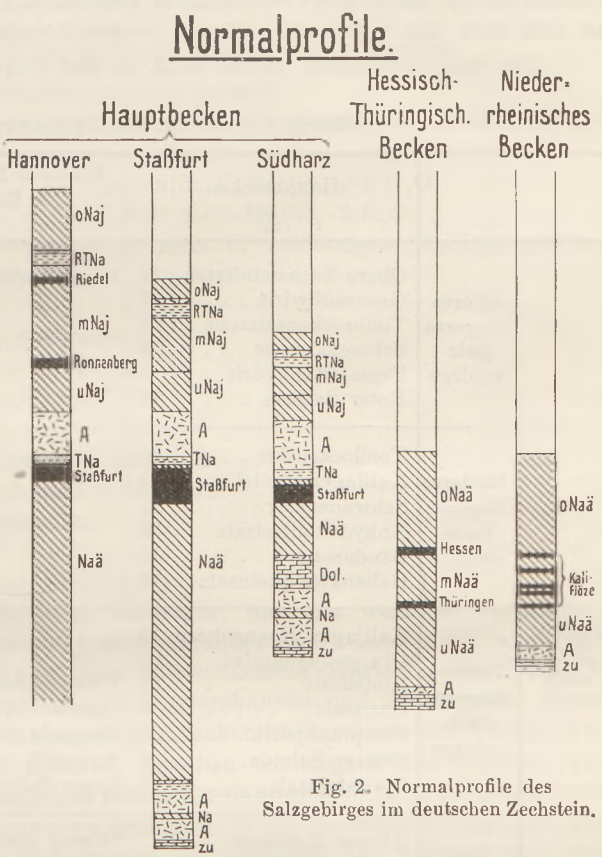


Fig. 2. Normalprofile des Salzgebirges im deutschen Zechstein.

oNaj Oberes Jüngeres Steinsalz, *RTNa* Roter Salzton, *mNaj* Mittleres Jüngeres Steinsalz, *uNaj* Unteres Jüngeres Steinsalz, *A* Anhydrit, *TNa* Grauer Salzton, *Naä* Älteres Steinsalz, *Na* Steinsalz im Mittleren Zechstein, *zu* Unterer Zechstein, *Dol* Hauptdolomit, *oNaä* Oberes Älteres Steinsalz, *mNaä* Mittleres Älteres Steinsalz, *uNaä* Unteres Älteres Steinsalz.

Die Kalisalzlager sind unter Beifügung ihrer Namen durch schwarzen Druck hervorgehoben.

Auf diese Weise sind große Verschiebungen in den Standorten der Kaliindustrie eingetreten. In der Staßfurter Gegend sind die meisten Schächte zum Erliegen gekommen, weil dort vorzugsweise karnallitische Salze auftreten, deren Verarbeitung ziemlich kostspielig ist. Der Schwerpunkt der Kaliindustrie liegt jetzt an der Werra und im Südharzvorlande.

Die vielen neuen Aufschlüsse, die besonders bis zum Jahre 1914 geschaffen worden sind, haben manche Anregungen zu geologischen Untersuchungen gegeben. Ein Vergleich der Schichtenfolgen in den einzelnen Gebieten führte zu dem Ergebnis, daß sich drei untereinander grundsätzlich verschiedene Salzprofile im Oberen Zechstein Deutschlands unterscheiden lassen. Daraus darf man schließen, daß es in der Zechsteinzeit mindestens drei getrennte Ablagerungsgebiete — Salz-

seen — gegeben hat, in denen ungefähr gleichzeitig durch Eindunstung von Salzlösungen Salzlagerstätten entstanden sind.

Weitaus die größte Ausdehnung hatte das Hauptbecken, dessen Schichtenfolge von Rüdersdorf im Osten bis Pyrmont im Westen nachgewiesen worden ist (vgl. Fig. 1). Viel kleiner sind das Niederrheinische und das Hessisch-Thüringische Becken. Vielleicht existierte noch ein viertes Becken in der Gegend von Bromberg. Da die dortigen Salzbergwerke ersoffen sind, läßt sich ihre Schichtenfolge nicht mehr einwandfrei feststellen. Es wäre daher nicht unmöglich, daß es sich dort um einen nach Osten vorgeschobenen Teil des Hauptbeckens handelt.

Die Schichtenfolgen selbst sind in der folgenden Aufstellung zusammengefaßt:

Normalprofile des deutschen Zechsteins.

		Hauptbecken m	Hessisch-Thüringisches Becken m	Niederrheinisches Becken m
Oberer Zechstein	Oberes jüngeres Salzgebirge	Obere Zechsteinletten . 30 Grenzanhydrit . . . . . 1 Tonbrockensalzzone . . 70 Schneesalzzone . . . . . 50 Pegmatitanhydrit . . . 1 Roter Salzton 15	Obere Letten 5	Obere Letten 40
	Mittleres jüngeres Salzgebirge	Tonflockensalz . . . . . 15 Kalilager Riedel . . . . 5 Schwadensalz . . . . . 15 Anhydritmittelsalz . . . 30 Bändersalz . . . . . 15 Gebanktes Steinsalz . . 15		
	Unteres jüngeres Salzgebirge	Kalilager Ronnenberg 10 Orangeaugensalz . . . . 20 Liniensalz . . . . . 20 Basissalz . . . . . 3 Hauptanhydrit . . . . . 35 Grauer Salzton . . . . . 8 Decksteinsalz 0,5	Plattendolomit . . . . . 25 Untere Letten . . . . . 30 Jüngeres Steinsalz . . . 5 Anhydrit . . . . . 10 Roter Salzton 10	Plattendolomit . . . . . 6 Untere Letten (einschl. Anhydrit) 30
	Älteres Salzgebirge	Älteres Kalilager (Flöz Staßfurt) . . 6–40 Übergangsschichten 2–40 Älteres Steinsalz 40–500 Basalanhydrit 2	Oberes älteres Steinsalz . . . . . 100 Oberes Kalilager . . . 3 Mittleres älteres Steinsalz . . . . . 60 Unteres Kalilager . . 4 Unteres älteres Steinsalz 80	Oberes älteres Steinsalz Mittleres älteres Steinsalz mit zahlreichen Karnallit- und Hartsalzflözen Unteres älteres Steinsalz (200 m im Durchschnitt)
Mittlerer Zechstein		Stinkschiefer . . . . . 10 Oberer Anhydrit . . . . 20 Älteres Steinsalz . . . . 6 Unterer Anhydrit . . . 30	Anhydritknotenschiefer 8	Dolomitischer Anhydrit 10
Unterer Zechstein		Zechsteinkalk . . . . . 4 m Kupferschiefer . . . . . 0,3 m Zechsteinkonglomerat . . . . . 2 m		

Innerhalb des Hauptbeckens zeichnet sich die Umgebung von Hannover dadurch aus, daß dort das jüngere Salzgebirge mächtiger und mannigfaltiger gegliedert

vorkommt als in den übrigen Teilen des Hauptbeckens. Vor allen Dingen kommen hier zwei jüngere Kalisalzlager vor, die sonst fehlen (vgl. Fig. 2).

Die Zechsteinformation besteht hauptsächlich aus Schichten folgender Gesteine: Dolomit, Salzton, Anhydrit, Steinsalz und Kalimagnesiasalze. Folgende verschiedene Kalisalzlager sind darin enthalten:

1. Flöz Riedel
2. Flöz Ronnenberg } im Hauptbecken
3. Flöz Staßfurt
4. Flöz Hessen
5. Flöz Thüringen } im Hessisch-Thüringischen Becken
6. Mehrere Flöze im Niederrheinischen Becken.

An dem Aufbau der Kalisalzlager sind hauptsächlich folgende Mineralien beteiligt:

Anhydrit $CaSO_4$	Sylvin KCl
Steinsalz NaCl	Karnallit $KCl \cdot MgCl_2 \cdot 6\,H_2O$
Kieserit $MgSO_4 \cdot H_2O$	Kainit $KCl \cdot MgSO_4 \cdot 3\,H_2O$.

Sie bilden teils in inniger Verwachsung, teils in schichtiger Wechsellagerung folgende Kalisalzgesteine:

1. Karnallitgesteine:
   a) Karnallit + Kieserit + Steinsalz,
   b) Karnallit + Anhydrit + Steinsalz,
   c) Karnallit + Steinsalz.
2. Sylvingesteine:
   Hartsalz: a) Sylvin + Kieserit + Steinsalz,
   b) Sylvin + Anhydrit + Steinsalz,
   Sylvinit: c) Sylvin + Steinsalz.
3. Kainitgesteine:
   Kainit + Steinsalz.

Das Flöz Staßfurt, also dasjenige Kalilager, das die weiteste Verbreitung und die größte Mächtigkeit besitzt, besteht nebeneinander und übereinander wechselnd aus kieseritischem Karnallitgestein (1 a) und kieseritischem Hartsalz (2 a). Nur in dem sogenannten Südharzgebiet (Gegend von Sondershausen und Bleicherode) treten statt der kieseritischen die entsprechenden anhydritischen Salzgesteine auf (1 b und 2 b).

Die Flöze Ronnenberg und Riedel bestehen vorwiegend aus Sylvinit (2 c), der stellenweise zum Teil durch besonders reines Karnallitgestein (1 c) vertreten wird.

Die Flöze Hessen und Thüringen enthalten in der Hauptsache Hartsalz (2 a). Darüber liegt vielfach eine weitere Ablagerung, die entweder aus Sylvinit (2 c) oder kieseritfreiem Karnallitgestein (1 c) besteht.

Die Kainitgesteine sind gewöhnlich nachträgliche Umwandlungen von kieseritischem Karnallitgestein oder Hartsalz und bilden die höchsten Spitzen des Flözes Staßfurt bei steiler Aufrichtung. Primäres Kainitgestein kommt nur ausnahmsweise im Flöz Hessen vor.

Für die Erklärung der Entstehungsvorgänge sind einige Mineralien (sulfatische Doppelsalze) von Wichtigkeit, die verhältnismäßig spärlich zusammen mit Steinsalz vorkommen und keine wirtschaftliche Bedeutung haben:

Polyhalit $2\,CaSO_4 \cdot MgSO_4 \cdot K_2SO_4 \cdot 2\,H_2O$
Vanthoffit $3\,Na_2SO_4 \cdot MgSO_4$
Loeweit $2\,MgSO_4 \cdot 2\,Na_2SO_4 \cdot 5\,H_2O$
Langbeinit $2\,MgSO_4 \cdot K_2SO_4$.

Außerdem kommen noch 20 weitere Salzmineralien vor, die verhältnismäßig selten auftreten.

Im Anschluß an die vorstehenden Ausführungen soll sich ein weiterer Aufsatz des Verfassers mit der Entstehung, der Tektonik und der Auslaugung der deutschen Kalisalzlagerstätten und mit einigen Angaben über Kalisalze im Auslande beschäftigen.

Kleine Mitteilungen.

Eine anschauliche Methode zur Demonstration der Dichtigkeitsverhältnisse des Wassers.

Von Prof. J. Wilip in Tartu-Dorpat.

Bei der Demonstration der abnormen Verhältnisse der Ausdehnung des Wassers wird wohl so mancher Vortragende der Physik empfunden haben, daß die gewöhnlich empfohlenen Methoden, bei denen man längere Zeit beständig Thermometer zu verfolgen und zu notieren hat, zeitraubend und nicht genügend anschaulich sind. Dieses gilt ganz besonders noch, wo man es mit einer großen Zuhörerschaft zu tun und jeder selbst nicht die Möglichkeit hat, die Thermometer abzulesen.

Wollte man den Dichteunterschied bei 0^0 und 4^0 C nach der U-Röhren- oder Dulong-Petitschen Methode zeigen, so müßte man Röhren von 38 m Länge heranziehen, um eine leicht bemerkbare Höhendifferenz von 0,5 cm zu erhalten.

Diese Methode eignet sich vorzüglich für ein Temperaturintervall von etwa 80^0 C, wo bereits 1,5 m lange Röhren vollständig ausreichen.

Um nun gerade die geringe Dichtigkeitsdifferenz von nur 0,000132 bei Wasser für 0^0 und 4^0 C zu demonstrieren, habe ich folgende Methode als sehr praktisch gefunden. Die Idee, welche hier im Auge behalten wurde, war die, den beiden Wassern die Möglichkeit zu geben, sich übereinander zu lagern.

Man kann ein viereckiges Glasgefäß durch eine Scheidewand in 2 Abteilungen zerlegen, in welche das Wasser von verschiedenen Temperaturen gegossen wird. Wird zu gleicher Zeit am oberen Niveau und am Boden in der Scheidewand der freie Durchgang ermöglicht, so zieht die schwerere durch die untere Öffnung und die leichtere durch die obere, bis die Drucke sich auf beiden Seiten ausgeglichen haben.

Die Anwendbarkeit dieser Methode konstatierte mein jüngerer Assistent mag. phys. A. Altmann, der nach meinem Vorschlage alle diese Versuche ausführte, zunächst mit einem einfachen Akkumulatorgefäß, dessen Innenraum durch eine hölzerne Scheidewand in 2 Hälften zerlegt wurde, wobei ein eingebauter Schieber das Öffnen der beiden Türen besorgte.

Im folgenden soll nun eine Beschreibung dieser Versuche mit einem vervollkommneten Gefäß gegeben werden, welches schnell und korrekt einem großen Auditorium den abnormen Dichtezustand des Wassers bei 0^0 und 4^0 C zu beobachten gestattet. Das Gefäß wurde speziell für diesen Versuch hergestellt und bestand aus einem viereckigen Kasten mit Wänden aus Spiegelglas von etwa $9 \times 19 \times 30$ cm^3. Eine Scheidewand aus Metall teilte den Innenraum in 2 Hälften, wobei die Abdichtung durch Gummi erzielt wurde. Diese Scheidewand besaß oben und unten viereckige Öffnungen, welche nach Wunsch durch einen Schieber gleichzeitig geöffnet oder geschlossen werden konnten.

Da das Wasser im rechten und linken Teil zu gleicher Zeit hineingegossen werden kann, ist eine absolute Dichtung des Schiebers nicht gerade notwendig, wenn auch im gegebenen Modell ganz ohne Gefahr für das Gelingen des Versuches die eine Hälfte zuerst gefüllt werden konnte, wobei nur etwas durch die Öffnungsstelle auf die andere Seite hindurchsickerte.

Zur Ausführung des Versuches sind 2 Eimer nötig, der eine zur Vorkühlung des Versuchsgefäßes auf 0^0 bis 4^0 C, der andere für Schnee oder zerstoßenes Eis, 2 Bechergläser für das 0^0- und 4^0-Wasser und ein breiter Pinsel zum Entfernen des Schweißes an der den Zuhörern zugekehrten Seite.

Nachdem das Gefäß, welches mit Eiswasser gefüllt worden, im Eimer abgekühlt ist, entleert man es, stellt es auf den Experimentiertisch und gießt auf beide Seiten die Probewasser von verschiedener Temperatur, von denen das eine mit einigen Tropfen einer Lösung von Kalium hypermanganicum oder Fuchsin vorher gefärbt

wird. Das reine Eiswasser wird aus einer breiartigen Mischung von Schnee oder zerstoßenem Eis mit Wasser durch Hindurchgießen durch ein abgekühltes Drahtnetz gewonnen. Ein Einwand einer möglichen Dichteänderung durch den Farbstoff wird leicht dadurch beseitigt, daß man für die Nulltemperatur die Färbung mit Kalium hypermanganicum vornimmt oder für 4°-Temperatur mit Fuchsinlösung in Alkohol. Der Versuch gelingt auf jeden Fall, da der Einfluß des Farbstoffes verschwindend klein ist. Sofort nach dem Füllen wird der Schieber geöffnet, und die langsame Umlagerung der beiden Wasser beginnt. Gewöhnlich ist nach Ablauf von 8 bis 10 Minuten der Prozeß zu Ende, wo die Temperatur der oberen Hälfte 0,8 bis 1,5° und die der unteren 3,0 bis 3,5° beträgt. Zur Sichtbarmachung bedeckt man die Rückseite des Gefäßes mit Papier und beleuchtet aus der Ferne entweder von vorn oder durch Spiegelung von hinten. Die eine Wand des Gefäßes könnte am besten aus Milchglas bestehen.

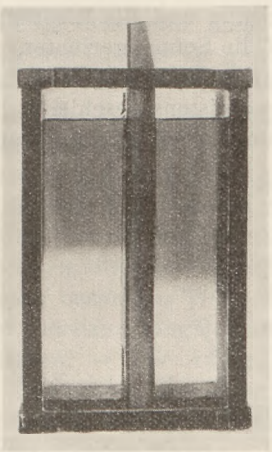


Fig. 1.

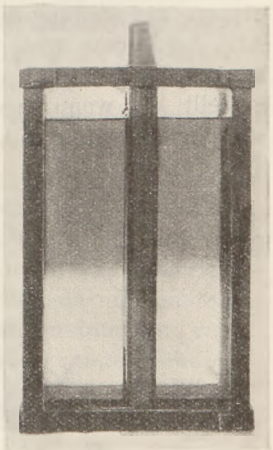


Fig. 2.

Die beigefügten Figuren (Fig. 1 und 2) zeigen eine photographische Aufnahme des Prozesses bei Färbung mit Fuchsinlösung, da eine Kaliumhypermanganat-Färbung photographisch wenig wirksam ist. Die Aufnahme 1 entspricht einer Dauer von 4 bis 5 Minuten nach dem Eingießen, die Aufnahme 2 nach 8 Minuten. Das Überwiegen der gefärbten Abteilung im letzten Fall ist hauptsächlich durch die Dimensionen der Öffnungen erklärlich, die eine Breite von nur ein Drittel der lichten Breite des Gefäßes ausmachte. Eine größere Breite der Öffnungen würde auch die Dauer des Versuches verkürzen.

Da mir ein ähnlicher Versuch in der Physikalischen Literatur nicht aufgefallen ist, habe ich es der Mühe für wert gehalten, über ihn zu referieren, weil er wirklich sehr demonstrativ ist.

Physikalisches Institut der Universität Tartu.

Gerät zur Erklärung der durch die Bewegung eines Planeten und seines Mondes bedingten astronomischen Erscheinungen.

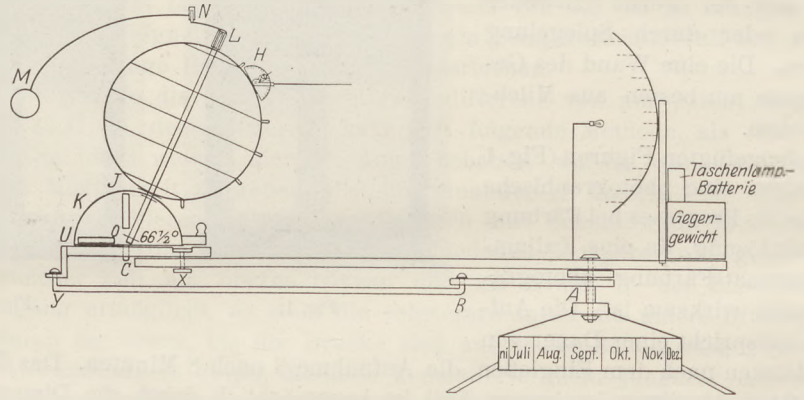
Von Dr. **Ernst Hils** in Berlin-Grunewald.

Nachdem ich das früher von mir beschriebene Tellurium[1] ein Jahrzehnt im Unterricht erprobt habe, bin ich zu einigen Abänderungen geschritten, von denen ich glaube, daß sie in technischer und methodischer Beziehung eine Vervollkommnung darstellen.

Die Figur zeigt die Konstruktion des Gerätes, das frei von Zahnrädern und dergleichen ist und deshalb nicht nur einfach herzustellen, sondern auch sehr haltbar ist. Bei den Geräten dieser Art kommt es in erster Linie darauf an, eine Konstruktion zu finden, vermittels deren die Bewegung einer Kugel um einen festen Punkt selbsttätig so ausgeführt wird, daß eine Achse sich immer parallel bleibt. Die Parallelhaltung der Achse wird leicht erhalten durch Verwendung des Gelenkparallelogramms $AB XY$, in dem die Strecke AB feststeht. Die Sonne steht in Richtung XA

[1] HILS, Ein einfaches Tellurium; aus der Natur 1913. S. 136. WULFF, Kleine Mitteilungen zum Hilsschen Tellurium; aus der Natur 1914, S. 474.

und kann entweder durch eine einfache Kugel oder besser durch eine kleine Glühbirne G, deren Strahlen an einem Hohlspiegel reflektiert werden, oder auch, bei Verfügung über Gleichstrom, durch eine hinreichend große, mattierte Glühbirne angedeutet werden. Am Kreis K kann der Winkel, den die Planetenachse mit der Planetenbahn bildet, abgelesen werden. Dieser Kreis trägt außerdem zwei Hülsen OJ und OU, die gestatten, die Achse senkrecht zur Bahn zu stellen oder sie in sie hineinzuverlegen. Der Halbkreis K ist drehbar um die Achse OC, wodurch die Präzessionsbewegung darstellbar sein soll. — Der Halbkreis H auf der Kugel, der vermittels der hervorragenden Zapfen auf verschiedene Stellen der Kugel gesetzt werden kann, soll dazu dienen, die Stellung der Sonne und die Richtung der Sonnenstrahlen anzuzeigen. Der Arm der Person wird auf die Sonne gerichtet, und auf diese Weise wird der Einfallswinkel der Sonnenstrahlen und die Höhe der Sonne bequemer und augenfälliger dargestellt, als wenn, wie es meistens geschieht, ein Draht, der die Richtung der Sonnenstrahlen anzeigen soll, von der Sonne zum Planeten geführt wird. — Der Mond wird



vermittels der Drahtkonstruktion MNL mit der Kugel des Planeten verbunden. Die bei N drehbare Hülse gestattet, den Mond um seinen Planeten auf einer Bahn zu führen, die wie bei der Erde um 5^0 gegen die Bahn geneigt ist.

Von den Erscheinungen, deren Erklärung unser Gerät unmittelbar durch Anschauung ermöglicht, seien folgende hervorgehoben:

1. Die Erde verhält sich in ihrem Lauf wie ein Kreisel. Die Richtung der Drehungsachse bleibt ungeändert und bildet mit der Erdbahn einen Winkel von $66^1/_2{}^0$.

2. Die Verschiedenheit der Länge von Tag und Nacht in den einzelnen Breiten und in den verschiedenen Jahreszeiten. Die Verschiedenheit des Einfallswinkels der Sonnenstrahlen, die klimatische und astronomische Bedeutung der Polar- und Wendekreise usw. Am 21. Juni z. B. ist am Mittag der zur Sonne gerichtete Arm am Nordpol um $23^1/_2{}^0$ über den Horizont erhoben, am Wendekreis des Krebses zeigt er nach dem Zenit usf.

3. Die Erklärung der Sonnenuhr vom heliozentrischen Standpunkte aus. Zu diesem Zwecke wird der Zeigerarm parallel zur Erdachse gestellt und senkrecht auf ihn ein mit einer Stundeneinteilung versehener Kreis gesetzt.

4. Der Unterschied zwischen Sterntag und Sonnentag. Man sieht, daß nach Verlauf eines Vierteljahres noch eine Vierteldrehung der Erde zu den vollen Drehungen hinzukommen muß, bis die Sonne wieder im Meridian steht. Sternzeit und Sonnenzeit differieren also nach einem Vierteljahr um $^1/_4$ Tag.

5. Der Unterschied zwischen siderischem und tropischem Jahr. Läßt man die Erdachse die Präzessionsbewegung ausführen, indem man der Erdkugel eine Drehung um die Achse OC erteilt, so sieht man deutlich, wie dadurch das Eintreten der Frühlingsstellung beschleunigt wird. Hat die Erde z. B. ein Viertel der Präzessions-

bewegung ausgeführt, so würde die Frühlingstagundnachtgleiche in den Monat Dezember fallen (falls man das siderische Jahr als Kalenderjahr nimmt).

6. Die Abhängigkeit der Entstehung der Jahreszeiten von der Schiefstellung der Achse eines Planeten gegen seine Bahn. Stellt man die Achse des Planeten in die Hülse OJ, also senkrecht zur Bahnebene (wie das beim Jupiter der Fall ist), so können jahreszeitliche Unterschiede nicht auftreten. Die Sonne bewegt sich hier durch die Ekliptik wie die auf der Erde fingierte mittlere Sonne, nach der die mittlere Sonnenzeit gerechnet wird. — Gibt man der Achse die Lage parallel zu OU, so daß sie in der Bahnebene liegt (ein Zustand, der beim Uranus verwirklicht ist), so sieht man u. a., daß die Rolle der Pole eine ganz andere ist als auf der Erde; auch die Erscheinung, daß die Abplattung des Uranus zu gewissen Zeiten beobachtet werden kann, zu andern nicht, wird aus der Anschauung verständlich.

7. Die Bewegung des Mondes um die Erde und mit dieser um die Sonne. Die Entstehung der Mondphasen und der Verfinsterungen.

So dürfte das einfache Gerät vielerlei astronomische Erscheinungen mühelos erklären, die durch eine Zeichnung nur schwer und unvollkommen dem Verständnis näher zu bringen sind. Es leistet auf der Unter- und Mittelstufe gute Dienste im erdkundlichen Unterricht und wird auch im mathematisch-astronomischen Unterricht der Prima mit Vorteil sich benutzen lassen, besonders wenn es sich darum handelt, die aus der scheinbaren Bewegung der Gestirne abgeleiteten Erscheinungen vom heliozentrischen Standpunkte aus zu erklären. — Der Apparat kann ohne Mühe in der Schülerwerkstatt hergestellt werden. In sauberer Ausführung stellt ihn die Firma L. Preuschoff, Berlin S, Luisenufer 11 her, von der auch eine eingehende Erläuterung zum Gebrauch des Apparates bezogen werden kann.

Selbstinduktion bei unifilarer und bifilarer Wicklung.

Von **E. Hensel** in Villingen.

Nachdem man eine Doppelleitungsschnur, etwa eine solche, wie sie zum Anschluß von Tischlampen benutzt wird, auf eine Papprolle aufgewickelt hat, kann man, wie Fig. 1 andeutet, das Ende b des einen Drahts entweder mit dem Anfang a' oder mit dem Ende b' des andern Drahtes leitend verbinden. Im ersten Fall hat man die unifilare, im zweiten die bifilare Wicklung an ein und derselben Spule. Nach diesem Prinzip ist die „Bifilarspule“ hergestellt, die von Herrn SCHÜTT in dieser Zeitschrift (Jahrgang 1914, S. 269ff.) beschrieben und zu zahlreichen Wechselstromversuchen

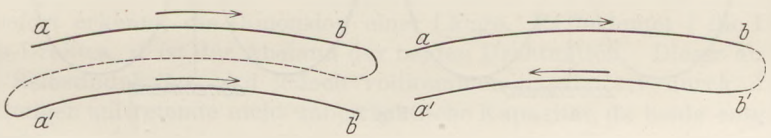


Fig. 1.

benutzt worden ist. Ein kleines Schaltbrettchen, mit dem man beide Wicklungsarten nacheinander herstellen kann, ist nicht unbedingt nötig und könnte, wenn man Kosten sparen will, auch weggelassen werden. Jedenfalls ist eine solche Spule, die man bequem selbst herstellen kann, ein sehr nützliches Sammlungsstück, das in keiner Schule fehlen sollte.

Will man im Unterricht ein anschauliches Bild geben von den Wirkungen der Feldänderungen in einer solchen Spule, so kann man annehmen, daß bei beiden Wicklungsarten nicht nur eine induktive Einwirkung des gesamten Feldes auf die einzelne Windung stattfindet, sondern daß auch eine Wechselinduktion von Windung auf Windung ausgeübt wird, da jede Windung als ein „magnetisches Blatt“, also als ein selbständiges Einzelfeld betrachtet werden kann.

In Fig. 2 sind zwei benachbarte Windungen dargestellt, einmal bei zunehmendem, ein zweites Mal bei abnehmendem Strom, der im übrigen die Windungen gleichsinnig durchlaufen solle (unifilare Wicklung). Die dem Beschauer zugewandten Windungshälften sind stärker ausgezogen, und der Einfachheit halber sind beide Windungen getrennt voneinander gezeichnet und so, daß ihre Ebenen nach vorn sich öffnen, so daß man auf ihre linke und rechte Seite hinschauen kann wie auf die beiden Seiten eines aufgeschlagenen Buches. Beide Ebenen würden sich in einer Geraden g

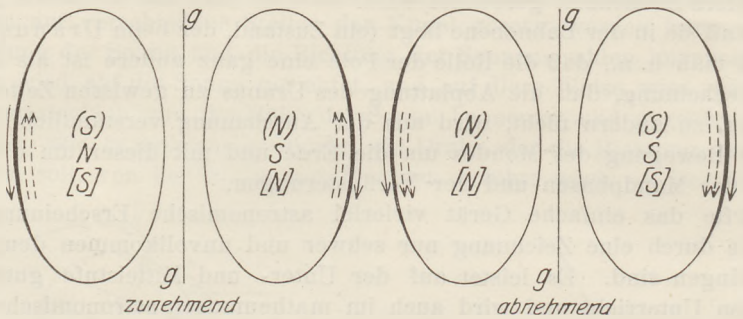


Fig. 2.

schneiden. Als magnetische Blätter betrachtet, erkennt man auf der linken Innenseite einen N-, auf der rechten einen S-Pol. Die Stromrichtung ist durch einen ausgezogenen Pfeil dargestellt. Bei zunehmendem Strom, also vermehrter Kraftlinienzahl, entsteht zunächst in den beiden Windungen eine EMK der Selbstinduktion, deren Strom nach der LENZschen Regel so fließt, daß er das Anwachsen des primären Stroms zu hemmen sucht. Er ist diesem also entgegengesetzt gerichtet, und es tritt links ein (S)-Pol, rechts ein (N)-Pol auf (gestrichelter Pfeil). Durch Wechselinduktion von Windung auf Windung entsteht aber außerdem noch eine weitere EMK: das zunehmende linke Feld erzeugt rechts ein solches, das dieser Zunahme entgegenwirkt,

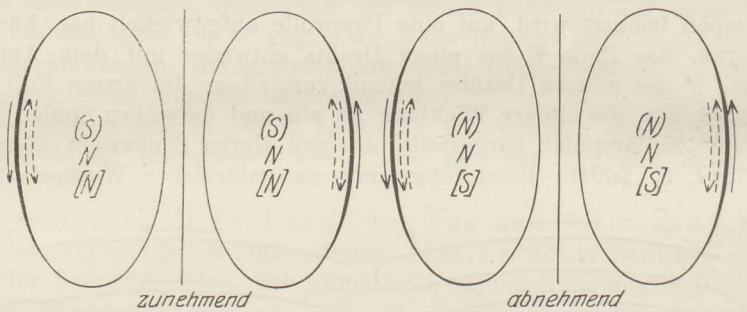


Fig. 3.

es tritt hier wiederum ein [N]-Pol auf, also ein Strom von derselben Richtung wie der zuerst induzierte. Ebenso ist die Rückwirkung des rechten Feldes auf das linke, auch hier tritt ein Feld auf, das die Zunahme des rechten Feldes verlangsamt, also links ein zweiter [S]-Pol oder ein Strom, der dem primären ebenfalls entgegenwirkt. Die beiden gestrichelten Pfeile laufen also jeweilig gleichsinnig, aber entgegengesetzt dem ausgezogenen Pfeil, d. h. die eine Selbstinduktion unterstützt die andere, ihre Summe hat den Sinn eines Widerstandes gegen die Zunahme des Stroms. Fig. 2 zeigt dann weiter rechts dasselbe Windungspaar bei abnehmendem Strom. Eine gleichartige Betrachtung lehrt, daß in jeder Windung wiederum zwei Selbstinduktionen gleichsinnig auftreten, diesmal jedoch so, daß ihre Ströme dem primären Strom gleichgerichtet sind, ihre Summe hat also wiederum die Bedeutung eines Widerstandes, jedoch gegen die Abnahme des Stroms.

Anders gestalten sich die Vorgänge in einer Spule, die bifilar gewickelt ist. Fig. 3 zeigt wieder ein Paar Nachbarwindungen bei zu- und bei abnehmendem Strom. Die Bifilarwicklung bewirkt, daß letzterer auf derselben Seite der Windungen in entgegengesetzter Richtung fließt (ausgezogener Pfeil), und sowohl auf der linken, als auch auf der rechten Innenseite befindet sich ein N-Pol. Bei zunehmendem Strom entsteht nun, genau wie bei unifilarer Wicklung in jeder Windung eine Gegen-EMK und ein Strom, der links einen (S)-, recht ebenfalls einen (S)-Pol erzeugt. Diese Selbstinduktion wirkt ebenfalls wieder im Sinne eines Widerstandes und möge mit dem positiven Vorzeichen versehen sein. Durch Wechselinduktion von Windung auf Windung erzeugt das zunehmende linke Feld rechts ein solches, das diese Zunahme zu hemmen sucht, oder der linke N-Pol erzeugt rechts einen neuen [N]-Pol, der rechte auf der linken Seite ebenfalls einen solchen. Die zweite Selbstinduktion bestimmt also einen Strom, der dem ursprünglichen gleichgerichtet ist. Er unterstützt das Anwachsen desselben und hat somit den Sinn einer Leitfähigkeit. Diese zweite Selbstinduktion wird das negative Vorzeichen haben, und da sie der Größe nach der ersten genau gleich ist, ist ihre Summe gleich Null. Bei abnehmendem Strom geht die erste Selbstinduktion dem primären Strome gleichsinnig, sie wirkt als Widerstand gegen die Abnahme desselben. Die zweite Selbstinduktion wirkt jedoch, wie eine Betrachtung der Figur zeigt, gegensinnig, sie unterstützt das Abnehmen und hat auch diesmal wieder die Bedeutung einer Leitfähigkeit. Widerstand und Leitfähigkeit gleichen sich wiederum aus. Die gestrichelten Pfeile zunächst dem Windungsumfang bezeichnen die Stromrichtung der positiven Selbstinduktion (induktiven Widerstand), der andere diejenige der negativen Selbstinduktion (induktive Leitfähigkeit). Es ist somit verständlich, weshalb eine Bifilarspule nach außen keine Selbstinduktion aufweist.

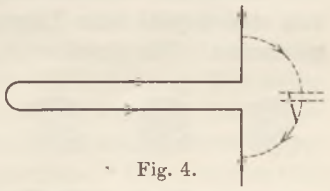


Fig. 4.

Mit dieser Darstellung kann man sich im Unterricht begnügen, sie gibt ein abgerundetes Bild. Es ist meines Erachtens nicht nötig darauf hinzuweisen (was hier der Vollständigkeit halber geschehen möge), daß, abgesehen von den beschriebenen induktiven Erscheinungen, in dem Zwischenraum einer jeden Schleife (Fig. 4), gleichviel ob sie ausgestreckt verläuft oder in Windungen, ein besonderes Feld durch Zusammenwirken der hier sich verkettenden Kraftlinien entsteht, das auf den Leiter wiederum induktiv wirkt. Die Größe dieser neuen Selbstinduktion wurde von MAXWELL berechnet, sie beträgt auf der Länge der Schleife: $L = 2\,l\left[2\,ln\left(\frac{d}{r}\right) + \frac{1}{2}\right]$ und hat, wie man sofort erkennt, die Dimension einer Länge. Es bedeutet l die Länge, r den Radius des Drahtes, d ist der Abstand der beiden Drahtmitten. Dieser an sich geringe Betrag an Selbstinduktion wird jedoch vollkommen paralysiert durch die gerade in Bifilarwicklungen auftretende nicht unbeträchtliche Kapazität, da beide entgegengesetzte Phase haben.

Anwendung der Glimmlampe zur Demonstration der Spannungsverhältnisse im Schwingungskreis.

Von Dr. **K. A. Wingårdh** in Falun (Schweden).

Wenn eine variable Selbstinduktionsspule, ein Kondensator und eine Wechselstromquelle in Reihe geschaltet werden, kann die Eigenfrequenz des so gebildeten Schwingungskreises durch Abstimmung der Selbstinduktion in Resonanz mit der Wechselspannung gebracht werden, sog. Spannungsresonanz. Dabei beobachtet man an einem in den Stromkreis eingeschalteten Hitzdrahtamperemeter ein bestimmtes Strommaximum. Wird ein Elektrometer (z. B. Quadrantelektrometer in idiostatischer

Schaltung oder Multizellularvoltmeter) nach der Reihe parallel mit der Spule, dem Kondensator und der Wechselspannungsquelle geschaltet, so zeigt derselbe bei Resonanz in den beiden ersten Stellungen große, in der letzten aber sehr kleine Spannung. Die Erklärung zu diesem im ersten Augenblick erstaunlichen Ergebnis (die entgegengesetzte Richtung der Spannungen an der Spule und dem Kondensator) kann mittels zweier Glimmlampen vorzüglich demonstriert werden.

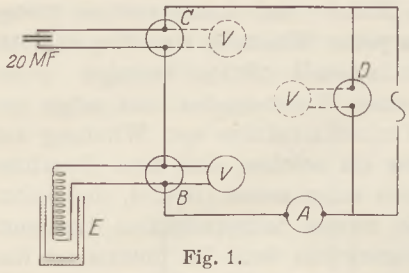


Fig. 1.

Der Verfasser braucht in dem hiesigen Realgymnasium folgende Anordnung (Fig 1). A ist ein Hitzdrahtamperemeter, B, C und D sind Steckdosen. Die Spule ist die Primärspule eines Transformators, welche mittels einer Drehvorrichtung mehr oder weniger aus dem Eisenzylinder E gehoben werden kann. Das Amperemeter zeigt bei Resonanz 0,80 Amp. und das Multizellularvoltmeter V in der Stellung B 100, C 120 und D nur 20 Volt.

Zwei übereinander angebrachte Glimmlampen, sog. Buchstabenlampen (S und K), von denen jede eine Litze und einen Stecker besitzt, werden nun parallel zur Spule geschaltet. Die Stecker der Lampen werden so eingesetzt, daß die dem Zuschauer

Fig. 2.

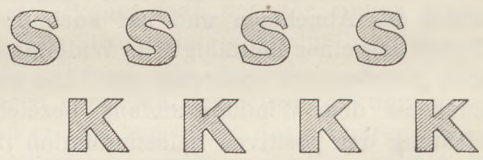


Fig. 3.

zugewandten Buchstaben-Elektroden gleichzeitig leuchten, was sich im rotierenden Spiegel durch das Bild der Fig. 2 zeigt. Dann bringt man den Stecker der Lampe K (ohne ihn zu drehen) nach C, worauf der rotierende Spiegel das Bild Fig. 3 liefert. Dadurch ist gezeigt, daß die beiden Spannungen am Kondensator und an der Spule eine Phasendistanz von 180^0 haben, d. h. entgegengesetzt gerichtet sind.

Die hydrolytische Spaltung des Kochsalzes als Versuch.

Von Dr.-Ing. **Horst Brückner** in Dresden.

Obwohl die hydrolytische Spaltung von Salzen einer starken Base und starken Säure, wie der Alkalichloride, praktisch vernachlässigt werden kann und von 10^7 Molekülen Salz nur eins hydrolisiert ist, kann sie dennoch bei Anwendung des DEVILLEschen heiß-kalten Raumes, der sich stets als ein treffliches Hilfsmittel beim Studium der pyrochemischen Reaktionen bewährt hat, durch einen kurzen Versuch gut demonstriert werden. Die hydrolytische Spaltung eines Beispieles, des Natriumchlorides, kommt nun trotz ihrer theoretischen und praktischen Wichtigkeit in den gebräuchlichen Lehrbüchern nicht vor, so daß ich annehmen kann, daß eine Beschreibung eines einschlägigen Versuches angebracht sein könnte.

In einen gelbglühenden Platintiegel mit einer Temperatur von 1100 bis 1200^0 bringt man eine kleine Messerspitze voll Kochsalz und nach dessen Schmelzen etwa 1 ccm Wasser, das sofort den sphäroidalen Zustand annimmt. Nach ungefähr 20 Sekunden, wenn die Hälfte des Wassers verdampft ist, läßt man den tanzenden Tropfen in etwa 100 ccm stark verdünnte blaue Lackmuslösung fallen. Die kleine Menge geschmolzenen Salzes bleibt am Tiegel haften, nach Erkalten läßt sich das Salz leicht herauslösen, die Lösung bläut rote Lackmustinktur.

Der in beiden Fällen nach Umrühren eintretende Farbumschlag beweist, daß das Wasser sauer, das Salz alkalisch geworden ist. Die Versuchsdauer beträgt eine Minute.

Falls kein Platintiegel, sondern nur ein Platinblech vorhanden ist, verfährt man folgendermaßen. Man schmelzt etwas Chlornatrium auf dem Blech und läßt mit einer Bunsenflamme das geschmolzene Salz gut bespülen, ihr Wasserdampf bewirkt ebenfalls Umsetzung. Das Salz, nach Abkühlen in Wasser gelöst, bläut rote Lackmuslösung.

Lesenswerte Kapitel aus Koppernikus' Kreisbewegungen.

Von **H. Hermann** in Tübingen.

Das Lebenswerk des Koppernikus ist seit seiner 400jährigen Jubelfeier ins Deutsche übersetzt (von L. MENZZER, Thorn 1879) und daher auch in realistischen Schulen leicht verwendbar. Zwar schreibt Koppernikus wie Kepler für Mathematiker, jedoch nicht für Astronomen allein; das Werk erinnert ganz an eine Vorlesung für erste Semester; es setzt nur antike ebene und sphärische Geometrie voraus und entwickelt alles Weitere, einschließlich der tabulierten Fundamental- und Hilfsgrößen zur Lösung aller damals bekannten astronomischen Aufgaben. In der Ausführlichkeit ist es bestimmt durch den wissenschaftlichen Hauptzweck, die Durchführung des heliozentrischen Systems; daher ist manches, was dem Verfasser wesentlich und dabei schwierig erschien, sehr ausführlich gegeben, so das Präzessionsproblem, anderes knapp so die Instrumentenkunde oder die Berechnung der Finsternisse. Der MENZZERsche Text ist selbst schon ein Kommentar, insofern er, wo nötig, moderne Ausdrucksweisen verwendet oder beifügt. Weitere Erläuterungen wichtiger Eigentümlichkeiten des Werkes findet man an folgenden Stellen:

EILERS, Am Schattenstab, 2. Aufl., 1921, Kap. 13 (mit Lebenslauf und Bildnis des Koppernikus, sowie zwei sehr anschaulichen Abbildungen)[1];

FRISCHAUF, Grundriß der theoretischen Astronomie, 3. Aufl., 1922, Ziff. 47 (knapp; es empfiehlt sich, die folgende Erläuterung gleichzeitig zu benutzen);

LUDENDORFF (früher NEWCOMB-ENGELMANN), Populäre Astronomie, Kap. II.

Zur Kenntnisnahme im Unterricht eignen sich nach Ansicht des Verfassers dieser Zeilen folgende Kapitel, aus welchen wieder nach Bedarf gewählt werden kann.

Erstes Buch, Kap. 2 (Kugelgestalt der Erde, statt der üblichen Wiederholung dieser Dinge aus dem Erdkundeunterricht); Kap. 6 (Unermeßlichkeit des Himmels im Verhältnis zu der Größe der Erde; ein Kapitel, dessen scharfe Darlegungen die heutigen Lehrbücher zum Muster nehmen oder übernehmen sollten); Kap. 7 und 8 mit Auswahl (geozentrischer Standpunkt und Loslösung von ihm); Kap. 10, Auswahl und Figur (erster Überblick des heliozentrischen Sonnensystems); Kap. 11 wird besser durch die leichter lesbare Darstellung und Figur von EILERS ersetzt; es genügt zu zeigen, daß es die bei EILERS zu findenden Gedanken enthält. Für einen Unterricht, welcher auch auf das Folgende noch eingehen will, ist wichtig hierbei zu bemerken (was MENZZERS Anmerkung nicht genügend klarstellt), daß für Koppernikus, der das Beharrungsgesetz noch nicht besaß, die natürliche, d. h. keiner weiteren Erklärung bedürftige Weise eines Planetenumlaufes diejenige des Mondes um die Erde war, welcher der Erde stets dieselbe Seite zukehrt. In diesem Fall nennt Koppernikus die Winkelgeschwindigkeit des Planeten die seines Mittelpunktes. Daher muß er der Erde eine ihrer Mittelpunktswinkelgeschwindigkeit entgegengesetzt gleiche zuschreiben, um die unveränderliche Achsenrichtung der Erde darzustellen, und benutzt diese, um in ihr die Präzession unterzubringen.

[1] Auch in Himmel und Erde (MEYER-CURTZE) I, S. 429; IV, S. 192 und 414ff. Die Abbildung ist kleiner, das Bildnis dagegen größer und besser als bei EILERS.

Zweites Buch, Kap. 2, Auszug; zeigt etwas von der damaligen Instrumentenkunde; die kurzen Sätze über das Gnomon können schon in Mittelklassen benutzt werden, um zu zeigen, daß es noch im 16. Jahrhundert ein vollwertiges Hilfsmittel war. (Heutige Verwendbarkeit desselben besonders in Höflers Didaktik der Himmelskunde, S. 140 und 366.)

Kap. 5 und 6 (Horizont und Sonnenlauf in verschiedenen Breiten) sind wieder geeignet, an Stelle einer Wiederholung dieser Dinge aus dem Erdkundeunterricht gelesen zu werden.

Für einen Unterricht, welcher die Entwicklung des Planetenproblems bis zur Behandlung der beiden „Ungleichheiten“ (Ungleichförmigkeiten) zum Ziel hat, eignet sich ferner:

Drittes Buch, Kap. 15 (für eine Arbeitsgemeinschaft, leicht aber etwas zeitraubend). In der deutschen Ausgabe sind S. 173 die beiden Figuren verwechselt; die untere ist die erste. Das folgende Kapitel wird in einem solchen Unterricht gewöhnlich schon früher (z. B. als Höflersche Leitaufgabe, S. 297) behandelt worden sein.

Viertes Buch, Kap. 2 (mit kurzer Mitteilung über Kap. 1); enthält in der Kritik der antiken Mondtheorie besonders deutlich den Fortschritt, der durch das Entfernungsproblem des heliozentrischen Systems in die Entwicklung hineingetragen wird und später bei Kepler geradezu Leitfaden seines Lebenswerkes wurde. — Das folgende Kapitel zeigt, wie wirksam dieses Problem auch schon bei Koppernikus war.

Fünftes Buch, Kap. 4. Die Planetentheorie des Koppernikus; allenfalls zu ersetzen durch die oben angeführten Erläuterungen von Frischauf und Ludendorff. (Dabei ist zu beachten, daß auch hier die Winkelgeschwindigkeitsmessung ausgeht von der Auffassung, ein die Sonne wie ein Mondkörper umkreisender Epizykel besitze keine eigene Winkelgeschwindigkeit. Bei Ludendorff findet man daher andere Verhältniszahlen, der modernen Auffassung entsprechend, als im Original.) In jedem Fall sollte aber die weittragende und in ihrem leicht faßbaren Beweis für eine Arbeitsgemeinschaft sehr geeignete Darlegung des Koppernikus erwähnt werden, wonach die Planetenbahnen keine wirklichen Kreise sein konnten. Hiezu ist noch die (im Text versehentlich 343 genannte) Anmerkung 344 von Menzzer sowie Anmerkung 91 a, Erwähnung der Ellipse in einer gestrichenen Handschriftstelle, beizuziehen, um auf Keplers Lebenswerk überzuleiten. Bei ihrer Deutung ist Curtze[1], Himmel und Erde IV, S. 419 zu berücksichtigen.

Kap. 35 und 36, über die Stillstände und die rückläufigen Bewegungen der fünf Planeten, ist im Verhältnis zu seiner grundlegenden Bedeutung für den Anfänger etwas matt und darf vielleicht besser durch moderne didaktische Ausarbeitungen, wie Hartmann und besonders Lietzmann-Lübeck[2], ersetzt werden. Ebenso wird das sechste Buch, die Schwankungen der Breite betreffend, wohl besser durch eine gedrängte didaktische Besprechung ersetzt.

Für die Praxis.

Ein Saugheber, der von selbst in Betrieb kommt. Von **W. Grohmann** in Luckau. — Eine etwa 8 mm starke Glasröhre wird in der breiten Flamme eines Schnittbrenners erhitzt und zu einer 1 bis 1,5 mm starken Kapillare ausgezogen und dann durch vorsichtiges Erhitzen in der kleingestellten leuchtenden Flamme eines

[1] Als eingehenden Kommentar der (über das Schulbedürfnis hinausgehenden) Einzelheiten der Koppernikanischen Astronomie nennt Curtze das Werk von Apelt, Die Reformation der Sternkunde, Jena 1852. Wo das Werk zu Gebote steht, wird man besonders die Angaben über die maximalen Ungenauigkeiten der Koppernikanischen Rechenweise S. 150—153 erwähnen können. Es enthält im übrigen auch einen Teil (den für den Unterricht wichtigsten) der Lebensarbeit Keplers, mit der sich ihr Verfasser noch andern Ortes weiter befaßt hat.

[2] Vom Ptolemäischen zum Koppernikanischen System, Zeitschr. f. math. u. naturw. Unterr. 54, S. 63 (1923).

Bunsenbrenners zu einem Heber von V-Form mit ungleich langen Schenkeln gebogen. Hängt man diesen Heber in ein fast bis zum Rande gefülltes Glas, so fängt er infolge der Kapillarwirkung von selbst zu laufen an.

Ein solcher Heber erweist sich als brauchbar bei der Vorbereitung von Diffusionsversuchen, um eine scharfe Trennungsfläche zwischen den beiden übereinandergeschichteten Flüssigkeiten zu erzielen. Man biegt dazu am kürzeren Schenkel ein etwa 1 cm langes Stück rechtwinklig um. Als Diffusionsgefäße kann man mit Vorteil Prüfgläser benutzen, die man in einen wassergefüllten Trog stellt und mit dem Bildwerfer an der Wand abbildet. Sie werden etwa zu $^1/_4$ mit der Salzlösung gefüllt, das Wasser darüber geschichtet und bis zum Rand nachgefüllt. Soweit kann man den Versuch vor der Stunde vorbereiten. Dann hängt man den Heber ins Prüfglas; der kürzere Schenkel des Hebers ist so lang zu machen, daß sein wagerechter Teil an die untere Grenze der Mischzone zu liegen kommt. Er tritt von selbst in Tätigkeit, und binnen kurzem hat man eine scharfe Trennungsfläche.

Ein Freihandversuch zur Demonstration von Glockenschwingungen. Von **F. Weber** in Tangermünde.

Im folgenden sei ein ebenso einfacher wie lehrreicher Versuch beschrieben, die Schwingungen eines Glockenmantels zu zeigen. Man schraubt am Rande des Experimentiertisches eine Schraubzwinge fest, wie sie zu der Anordnung für die Darstellung Chladnischer Klangfiguren gehört. An Stelle der Klangplatte befestigt man die Glocke einer alten elektrischen Klingel, mit der Öffnung nach oben (vgl. Fig. 1). Diese

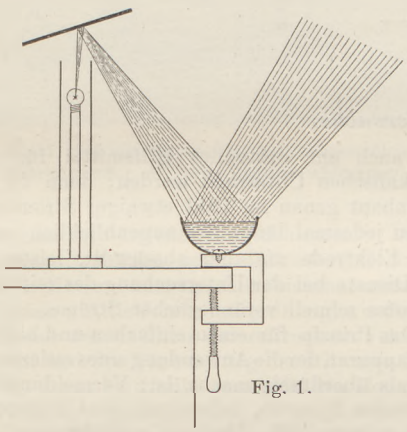


Fig. 1.

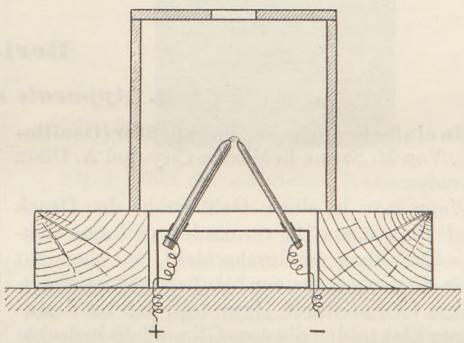


Fig. 2.

Glocke füllt man fast bis zum Rande mit gewöhnlichem Maschinenöl. In geringer Entfernung stellt man eine möglichst punktförmige Lichtquelle auf, deren Strahlen nach den Seiten zu abgeblendet, von einem darüber befindlichen Planspiegel reflektiert, den Ölspiegel der Glocke treffen — alles in möglichst spitzem Winkel. An der Zimmerdecke erscheint jetzt ein kreisrunder, scharfumgrenzter, heller Fleck. Bringt man nun durch Streichen mit einem Violinbogen die Glocke zum Tönen, so deformiert sich dieser Fleck meist zu einem Quadrat. Hält man mit einer Messerspitze einen Punkt des Glockenmantels fest, so kann man leicht Obertöne erhalten. Diesen entsprechen als Bilder vollkommen reguläre Polygone, Sechsecke, Achtecke usw. Man tut gut, eine etwas größere Glocke zu wählen, damit der Schatten des Violinbogens nicht zu sehr stört. Betrachtet man den Ölspiegel direkt, so ist so gut wie garnichts wahrzunehmen. Die Erscheinung kommt erst durch die Reflexion der Lichtstrahlen zustande.

Was die Lichtquelle anlangt, so ist notwendig, daß sie möglichst punktförmig ist, wenn man scharfe Bilder bekommen will. Zuerst nahm ich eine „Kinox"-Glühlampe

(5 Volt), die sich in meiner Sammlung vorfand und gute Dienste leistete. Man kann noch besser zum Ziele gelangen, wenn man eine elektrische Bogenlampe auf eine höchst einfache Weise improvisiert. Man schneidet mit dem Taschenmesser in den Deckel einer leeren Zigarettenschachtel (100 Stück) ziemlich an den Enden zwei Öffnungen (am besten in Gestalt eines lateinischen H) und steckt zwei starke Bogenlampenkohlen von etwa 8 bis 10 cm Länge hindurch, deren Spitzen sich unter einem Winkel von ungefähr 60^0 nahezu berühren. An den andern Enden, die man vorher mittels einer Flachfeile eingekerbt hat, endigen die Leitungsdrähte. Letztere führt man am besten durch die kurzen Seitenwände der Schachtel hindurch (Fig. 2). Über das Ganze stellt man eine Kiste, an deren Boden eine runde Öffnung angebracht ist, so daß sich diese Öffnung gerade über dem Lichtbogen befindet, doch nicht zu nahe, wegen der großen Hitze. Damit die Luft gut ventilieren kann, stellt man die Kiste auf zwei Holzklötze. Statt der Kiste kann man natürlich auch z. B. eine größere Konservenbüchse nehmen. Eine solche Bogenlampe brennt mindestens 5 bis 10 Min. ohne Unterbrechung und ohne in Flammen aufzugehen. Mit ihrer Hilfe bekommt man außerordentlich helle und scharfe Bilder, die man sogar bei Tageslicht beobachten kann.

Es sei noch bemerkt, daß man den Planspiegel hier nicht allzu nahe heranbringen darf, da etwa 3 Handbreiten über dem Lichtbogen immer noch ungefähr die Temperatur 100^0 C herrscht.

Hinzufügen möchte ich übrigens noch, daß man mit solcher Bogenlampe sehr schön die Luftschlieren zeigen kann. Im „Querschnitt“ erscheinen sie an der Zimmerdecke, im Längsschnitt bekommt man sie, indem man ein Blatt weißes Papier senkrecht mitten über die Öffnung hält.

Berichte.

1. Apparate und Versuche.

Ein einfacher Schwingungsprüfer (Oszilloskop). Von M. SENDE in Mexiko City und A. DÖGE in Dresden.

Wenn man in einem Geißlerrohr den Druck bis auf etwa 5 mm Hg vermindert und eine elektrische Entladung hindurchschickt, so überzieht sich die Kathode mit einer bläulichen Glimmhaut. Im Jahre 1901 stellte N. HEHL fest, daß bei drahtförmigen Elektroden die vom Glimmlicht bedeckte Länge des Kathodendrahtes der Stromstärke proportional ist, vorausgesetzt, daß noch nicht die ganze Kathode vom Glimmlicht überzogen ist. Die gleiche Gesetzmäßigkeit fand unabhängig auch H. A. WILSON 1902. LESSING beobachtete, daß die Ausdehnung der Glimmlichthülle bei Wechselstrom ohne irgendwie merkbare Verzögerung den Stromänderungen folgt, und GEHRKE gründete 1904 unabhängig von LESSING auf das HEHL-WILSONsche Gesetz eine Methode zur Bestimmung des Stromverlaufes hochgespannter Wechselströme.

Die LESSING-GEHRKEsche Glimmlichtröhre ist ein zylindrisches Glasrohr mit zwei stabförmigen, einander axial gegenüberstehenden Elektroden. Wir verwenden Röhren von 220 mm Länge und 16 mm (bei Luftfüllung) bzw. 28 mm (bei Neonfüllung) Durchmesser. Ihre Hauptanwendung findet diese Röhre in der Röntgentechnik, um die Ströme zu prüfen, die durch die Röntgenröhre und durch die elektrischen Ventile bei verschiedenen Schaltungen fließen. Die Glimmröhre kann aber auch ein wertvolles Hilfsmittel für den physikalischen Unterricht werden; denn da die Glimmhaut genau im Takt etwaiger Stromänderungen jedesmal längs der augenblicklich negativen Elektrode an- und abschwillt, leistet sie gute Dienste bei der Untersuchung des zeitlichen Verlaufes schnell veränderlicher Ströme.

Das Prinzip für einen einfachen und billigen Schulapparat, der die Anwendung eines rotierenden Spiegels überflüssig macht, ist: Vermeidung des rotierenden Spiegels, indem man die Glimmröhre selbst rotieren läßt. Dadurch erreicht man, daß das Auge die einzelnen Etappen der Glimmlichtschwingungen jedesmal an einem anderen Punkt im Raume, und zwar auf einem Kreis angeordnet, wahrnimmt.

Auf Handantrieb wurde verzichtet, weil es einerseits nicht ratsam erschien, bei Hochspannungsversuchen im Dunkeln ganz in der Nähe der Zuleitungen zu hantieren und andererseits, weil besonderer Wert gelegt wurde auf konstante und kontinuierlich veränderliche Umdrehungszahlen, die ein Festhalten der Oszillogramme im Raume gestatten mußten.

Unser erstes Modell, welches wir hier nur deshalb beschreiben, weil es in jeder Schule fast ohne Kosten leicht selbst hergestellt werden kann, bestand aus einer kreisförmigen, schwarz angestrichenen Pappscheibe von 6 mm Stärke und 220 mm Halbmesser. Auf dem Kreisumfang

wurden in gleichen Abständen 4 Nägel eingeschlagen, an deren Köpfe ein um den Umfang herum gelegter Ring aus 1,5 mm Kupferdraht angelötet wurde. Längs eines Halbmessers wurde die Glimmröhre auf der Scheibe mit Bindfaden befestigt und die eine Elektrode mit dem Kupferdrahtring des Scheibenumfanges verbunden. Die Scheibe wurde ausbalanziert und mit der im Mittelpunkt befindlichen Bohrung auf die Achse eines Motors gesteckt. Diese Achse wurde mit der anderen Elektrode der Glimmröhre verbunden. An einem Glasstab wurde eine Messingblattfeder befestigt und so neben die Scheibe gestellt, daß die Blattfeder mit dem Kupferdrahtring ohne störende Funkenbildung einen sicheren Gleitkontakt gab. Die zu untersuchenden Wechselströme wurden nun an die Motorachse und an

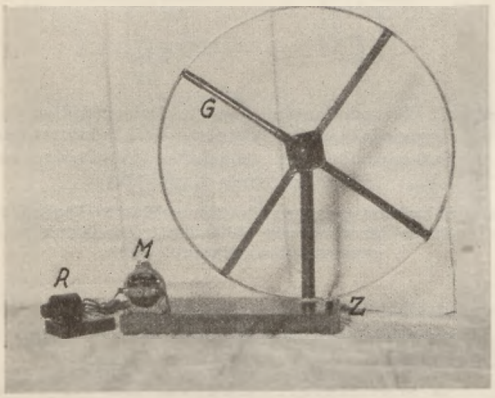


Fig. 1. Schwingungsprüfer mit Glimmröhre G, Antriebsmotor M und Regulierwiderstand R.

die Messingblattfeder angeschlossen. Da die Schwingungsbilder sehr eindrucksvoll und im ganzen Hörsaal ausgezeichnet sichtbar waren, beschlossen wir, die Versuchsanordnung zu verbessern. Es gefiel uns nämlich der zeitraubende Auf- und Abbau und die Verwendung des schweren Motors nicht. Diese Nachteile vermeidet ein Modell, das die Fig. 1 zeigt.

Das Glimmrohr G ist an einer Speiche eines drehbaren, gut gelagerten Messingrades befestigt. Den Antrieb besorgt ein kleiner Wechselstrom-Hauptschlußmotor M von nur $^1/_{20}$ PS zu 12 Mark mit Hilfe einer massiven Gummischnur. Das Rad aus U-Profilmessing dient dabei gleichzeitig als Kontakt und als Führung für die Transmission. Ein Pol des Glimmrohres liegt an der Achse, der andere an der auf der Grundplatte angebrachten Messingfeder Z, die das Rad berührt. Das Schwungrad ist ausbalanziert und zentriert; die zylindrische Holzstütze für die Achse, die Speichen und die rechteckige Grundplatte bestehen aus Hartholz und sind in Paraffin ausgekocht. Der Anschluß der zu untersuchenden Ströme erfolgt an zwei Klemmschrauben, von denen eine an der Achse, die andere auf der Grundplatte sitzt. Die besonderen Vorteile dieses Schwingungsprüfers bestehen also darin, daß der rotierende Spiegel vermieden wird, der Apparat stets betriebsfertig ist, der Antrieb des Motors aus einer gewöhnlichen Lichtsteckdose erfolgt und schließlich die Umlaufszahl in weiten Grenzen, entfernt von der Hoch-

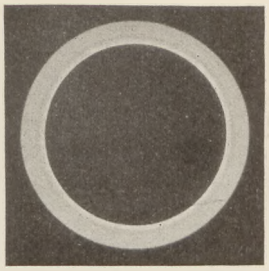


Fig. 2. Neonröhre bei 335 Volt Gleichstrom.

spannung, kontinuierlich mit Hilfe eines Regulierwiderstandes R von 1000 Ohm verändert werden kann.

Um den Schwingungsprüfer in Betrieb zu setzen, muß man zunächst den zu untersuchenden Strom durch die beiden oben erwähnten Klemm-

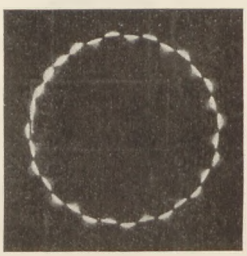


Fig. 3. Bild des städtischen Wechselstromes.

schrauben dem Glimmrohr zuführen. Das Rohr leuchtet auf. Nun steckt man den Stecker in eine Lichtsteckdose. Der Motor beginnt zu laufen, und das Rad mit der Glimmröhre wird durch die Gummischnur mitgenommen. Das Schwingungs-

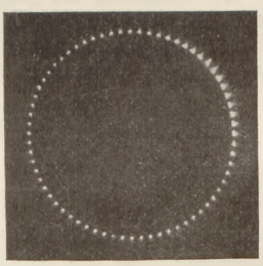


Fig. 4. Gleichrichtung bei einem 4-Volt-Induktor.

bild wird sichtbar. Jetzt stelle man die Umdrehungszahl durch Drehen am Regulierwiderstand R so ein, daß das Schwingungsbild im Raume festzustehen scheint. Einige Photographien solcher Oszillogramme zeigen die Fig. 2, 3, 4 und 5.

Nach Beendigung der Versuche empfiehlt es sich, die Gummischnur von der Motorscheibe ab-

zunehmen und nur über das Schwungrad gespannt aufzubewahren[1].

Es sei noch bemerkt, daß mit Neon gefüllte Glimmröhren eine kleinere Zündspannung haben

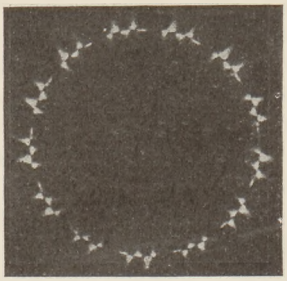


Fig. 5. Gedämpfte Schwingung bei Entladung einer Leydener Flasche.

und rötliches Licht geben. Es ist aber bisher noch nicht gelungen, bei der vorgeschriebenen Form der Röhre die Zündspannung auf 220 bzw. 110 Volt herabzudrücken. Versuche darüber sind

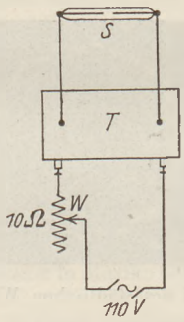


Fig. 6. Versuchsanordnung zur Demonstration der Wechselstromkurve.

S = Schwingungsprüfer. T = Hochspannungstransformator. W = Vorschaltwiderstand.

im Gange. Wir erreichten bis jetzt eine Zündspannung zwischen 320 und 380 Volt.

Zum Schluß sei nun die Verwendbarkeit unseres Apparates im Unterricht durch einige Versuchsbeispiele gezeigt:

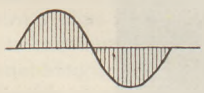


Fig. 6a. Schwingungsbild des städtischen Wechselstromes (s. Fig. 3).

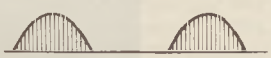


Fig. 6b. Gleichrichtung durch ein vor den Schwingungsprüfer geschaltetes Ventilrohr (ähnlich wie bei Fig. 3).

1. Gleichstromring. An eine Neonröhre wird unter Vorschaltung eines großen Widerstandes (1000 bis 5000 Ohm) die Zündspannung angelegt. Nur die negative Elektrode leuchtet auf, so daß bei der Rotation ein Kreisring sichtbar wird. In der inneren Zone des Kreisringes sieht man deutlich die größere Lichtstärke, herrührend von der Glimmhaut, die das freie Ende der Kathode in der Mitte der Röhre umgibt. Durch Veränderung des Vorschaltwiderstandes ändert sich die Länge der Glimmhaut. Demonstration des HEHL-WILSON schen Gesetzes. Vgl. Fig. 2.

Bei der Verwendung von Neonröhren kann man wegen der geringen Spannung auf das Kontaktrad aus U-Profilmessing verzichten, die Röhre

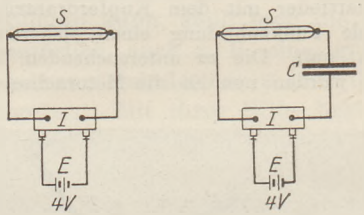


Fig. 7. Versuchsanordnungen zur Demonstration der Schwingungsbilder eines kleinen 4-Volt-Induktors und zur Demonstration der gedämpften Schwingung bei Entladung einer Kapazität.

S = Schwingungsprüfer. C = Minos-Platten-Verdichter (Leydener Flasche) von 4000 cm. I = Induktionsapparat. E = Akkumulatoren.

unmittelbar auf die Motorachse setzen und die Stromzuführung durch Schleifbürsten an geeignet angeordneten Kupferringen vornehmen.

2. Wechselstromkurve. Der städtische Wechselstrom wird an die Primärspule eines Hochspannungstransformators angeschlossen, an der Sekundärspule liegt der Schwingungsprüfer mit der Glimmröhre. Es ergibt sich die Sinusform des Wechselstromes, vgl. Fig. 3. Schaltet man vor den Schwingungsprüfer ein Ventilrohr, so

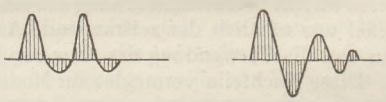


Fig. 7a. Fig. 7b.

Schwingungsbilder des kleinen Induktors (s. Fig. 4) und der gedämpften Entladung einer Kapazität (s. Fig. 5).

wird die eine Schwingungshälfte vollkommen abgedrosselt.

3. Schwingungsbild der Entladung eines kleinen 4-Volt-Induktors. Der Schwingungsprüfer wird wieder an die Sekundärspule angeschlossen. Es ergibt sich, daß die Wirkung fast allein auf dem Öffnungsfunken beruht, vgl. Fig. 4.

4. Gedämpfte Schwingung beim Einschalten einer Kapazität. Schaltet man eine Kapazität von etwa 4000 cm (Leydener Flasche oder Minos-Plattenverdichter) in den Kreis Sekundärspule-Glimmröhre ein, so wird die Entladung des Schwingungskreises, dessen

[1] Der vollständige Apparat wie auch Einzelteile sind zu beziehen durch Werkstätte Dr.-Ing. W. Jaenichen, Dresden A 14, Uhlandstraße 7.

Selbstinduktion in der Sekundärspule sitzt, oszillatorisch, vgl. Fig. 5. (Anordnung nach BREMER, diese Zeitschr. XXXIV. S. 126. 1921 und KOCH XXXV. S. 132. 1922)

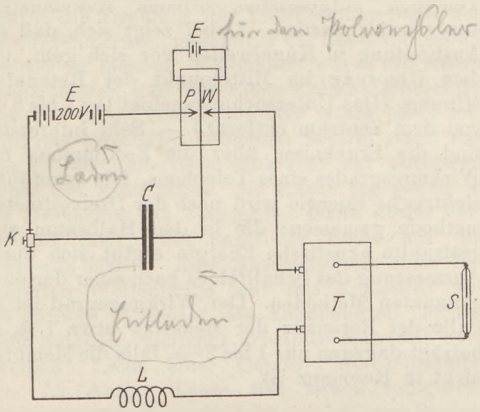


Fig. 8. Versuchsanordnung zur Demonstration der gedämpften Schwingung bei Entladung einer Kapazität durch eine Selbstinduktion.

C = Kapazität von 40 Mikrofarad. L = Selbstinduktionsspule von 0,6 Ohm, $\sim$ 0,02 Henry. S = Schwingungsprüfer. T = Hochspannungstransformator. E = Akkumulatorenbatterien. K = Verteilungsklemme. PW = Polwechsler.

5. Andere Anordnung für die Demonstration einer gedämpften Schwingung. Für diese Versuchsanordnung sei auf die Aufsätze von RUHMER, diese Zeitschr. XIX. S. 141. 1906 und SCHÜTT, diese Zeitschr. XXXVIII. S. 14. 1925 hingewiesen. Durch einen Wechselkontakt PW wird abwechselnd ein Schwingungskreis geladen und entladen. Solche Wechselkontakte sind in dieser Zeitschrift öfter beschrieben worden. Die Ausführungen mit einer rotierenden Kontaktscheibe verdienen den Vorzug, da sie einen Kurzschluß der Batterie ausschließen. Wir benutzten eine Kapazität von 40 Mikrofarad und eine Selbstinduktion von etwa 0,02 Henry vom

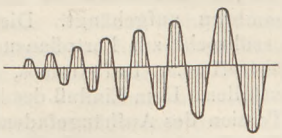


Fig. 8a. Schwingungskurve: Selbstinduktionsspule ohne Eisenkern.

Widerstand 0,6 Ohm. Ein kleiner Teil der Selbstinduktion sitzt außerdem in der Primärspule des Hochspannungstransformators. Es ergaben sich bei uns 7 volle Wellen. Man kann den Versuch natürlich noch variieren: Vergrößert man etwa die Selbstinduktion durch einen eingeschobenen unterteilten Eisenkern, so wird die Schwingung langsamer, das Wellenband wird auseinandergezogen. Die Dämpfung bleibt — gute Unterteilung vorausgesetzt — dieselbe. Schiebt man einen massiven Eisenkern ein, so wird die Dämpfung außerordentlich groß, wir erhielten nur eine Welle. Außerdem kann man den Einfluß der Veränderung der Kapazität zeigen.

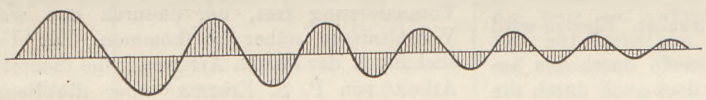


Fig. 8b. Schwingungskurve: Selbstinduktionsspule mit unterteiltem Eisenkern.

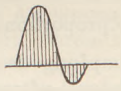


Fig. 8c. Schwingungskurve: Selbstinduktionsspule mit massivem Eisenkern.

Die in Fig. 7 und 8 dargestellten Versuchsanordnungen unterscheiden sich durch die Größenordnung der Selbstinduktion und der Kapazität. Bei der letzten Anordnung erhält man besonders schöne, große und klare Bilder.

Literatur-Verzeichnis.

GEHRKE, E., Verh. d. D. Phys. Ges. VI. S. 176. 1904.
EICHHORN, E., Jahrbuch III. S. 404. 1910.
RUHMER, E., Zeitschr. phys.-chem. Unterr. XIX. S. 141. 1906.
SCHÜTT, W. K., Zeitschr. phys.-chem. Unterr. XXVII. S. 276. 1914; XXXVIII. S. 14. 1925.
HOCHHEIM, F., Zeitschr. phys.-chem. Unterr. XXIX. S. 6. 1916.
BREMER, F., Zeitschr. phys.-chem. Unterr. XXXIV. S. 126. 1921.
HAUSER, F., Zeitschr. phys.-chem. Unterr. XXXV. S. 26. 1922.
REIN-WIRTZ, Radiotelegr. Praktikum 3. Aufl. S. 260, 291, 354. 1922.
JAHN, O., Zeitschr. phys.-chem. Unterr. XXXIII. S. 186. 1920.

Große Glühlampen[1]. Von H. HERMANN in Tübingen.

Im Laboratorium der National Lamp Works in Cleveland ist versuchsweise eine 10 Kilowatt- und eine 30 Kilowatt-gasgefüllte Wolframglühlampe hergestellt worden. Beide haben vier eben gelegte Glühspiralen, welche bei der kleineren 4×5 cm, bei der größeren 7×11 cm Fläche beanspruchen. Die genannte Belastung entspricht einer starken Überspannung, stärker als bei der 900-Watt-Kinolampe, deren Spirale auf 3290° abs. erhitzt wird, während die beiden ganz großen mit einer Spiralentemperatur von 3350° abs. gebraucht wurden. Senkrecht zur Spiralenebene besitzt die 1,0 Kw-Lampe 40000 Kerzen, die 30 Kw-Lampe 100000 Kerzen Leuchtkraft; die letztere beleuchtet also eine Fläche in einem Meter Abstand noch so hell wie die Sommermittagssonne.

[1] The Astroph. Journal, **61**, p. 184—185, 1925.

2. Forschungen und Ergebnisse.

Einige akustische Experimente an Telephonen[1]. Bericht von C. HEINRICH in Berlin.

Eine Reihe dieser Versuche beschäftigt sich mit der Frage, wie die Eigenfrequenz einer Membran von ihrer Befestigung vor dem Magnetsystem sowie einem an die Membran grenzenden, abgeschlossenen Luftvolumen abhängt. Zur Untersuchung wird eine an einem dünnen Faden befestigte RAYLEIGHsche Scheibe nahe vor der Telephonmembran aufgehängt. Diese Scheibe sucht sich senkrecht zur Fortpflanzungsrichtung des auf sie treffenden Luftstromes, der Schallwelle, einzustellen. Dem Einfluß des Luftstromes wirkt die Torsion des Aufhängefadens entgegen, so daß die Scheibe eine solche Stellung einnimmt, in der die Resultierende aus beiden Kräften in die Ebene der Scheibe fällt. Die Größe des Drehwinkels ist dann ein Maß für die Stärke des auftreffenden Luftstromes und damit auch für die Stärke des Erregungszentrums, der Schallquelle. Die mit Benutzung der RAYLEIGHschen Scheibe bei konstanter Spannung ermittelte Resonanzkurve von Telephonmembranen führt zu der gleichen Eigenperiode und Dämpfung wie die Feststellung dieser Größen aus der rein elektrischen Messung des Scheinwiderstandes. Unsymmetrische Resonanzkurven haben ihren Grund in mangelhafter Befestigung der Membran. Im Hinblick hierauf beschreiben die Verfasser eine zweckentsprechende Einspannvorrichtung für Membranen. — Ein an die Membran angrenzendes, abgeschlossenes Luftvolumen v bedingt eine Änderung der Eigenfrequenz, die in ihrer Grundperiode proportional mit $\frac{1}{v}$ wächst. Ebenso wird die Dämpfung der Grundperiode durch den angrenzenden Luftraum, vor allem auch durch die Beschaffenheit der den Luftraum einschließenden Wände beeinflußt.

Eine weitere Reihe von Versuchen beschäftigt sich mit der Ausmessung von Schallfeldern in der Umgebung eines Telephons und der zusammenhängend hiermit untersuchten Frage nach dem Wirkungsgrad von Telephonen. Da die RAYLEIGHsche Scheibe für schwächere Schallfelder nicht genügend empfindlich ist, benutzen die Verfasser zu deren Untersuchung ein Verfahren, das an die Ausmessung von elektrischen Feldern mit Hilfe von Sonden erinnert. Als Sonde wird eine sehr lange und schmale Düse verwandt, deren Öffnung an die zu untersuchende Stelle gebracht wird. Das Ende der Düse sitzt luftdicht auf einem empfindlichen Telephon, dessen Membran durch auftreffende Schallwellen in Schwingung versetzt wird. Die hierdurch erregten Ströme werden mit Hilfe einer Verstärkeranlage (Transformator, Dreifachverstärker) in eine bequem meßbare Größenordnung übersetzt. Im Anschluß an eine RAYLEIGHsche Scheibe wird die Vorrichtung auf Schallenergien geeicht. Zunächst werden die Schallwellen untersucht, die von einem auf ein Telephon aufgesetzten, offenen Resonanzrohr ausgestrahlt werden. Dabei zeigt sich, daß die Ausbreitung in Kugelwellen vor sich geht, mit dem Ursprung im Mittelpunkt der Resonatoröffnung. (Das Untersuchungsgebiet lag 4 bis 8 cm von dem Zentrum entfernt.) — Sehr interessant sind die Ergebnisse über die Bestimmung des Wirkungsgrades eines Telephons. Die zugeführte elektrische Energie wird nach der Dreivoltmetermethode gemessen; die in den Halbraum ausgestrahlte akustische Energie ergibt sich durch Ausmessung des Schallfeldes nach einer der oben genannten Methoden. Der Wirkungsgrad ist im Falle der Resonanz der Membran etwa 1%, er beträgt dagegen nur 1 bis 2‰, falls die Membran nicht in Resonanz ist.

[1] Nach E. T. Z. 1927, H. 39, S. 1427. E. MALLET und G. F. DUTTON in I. Inst. El. Engineers, Bd. 63, S. 502; 1927.

Über die Beugung des Lichtes an Stahlschneiden[1]. Bericht von C. HEINRICH in Berlin.

Die Tatsache, daß das an Metallschneiden gebeugte Licht polarisiert ist, und daß besonders bei großen Beugungswinkeln starke Phasenverschiebungen auftreten, ist schon seit längerer Zeit bekannt. Doch liegen eingehendere experimentelle Untersuchungen über diese Frage bisher nicht vor, obwohl sich theoretische Arbeiten mit derselben schon weitgehend befaßt haben. Eine Gruppe dieser Arbeiten macht die Voraussetzung, daß die beugende Kante mathematisch scharf ist; eine zweite Gruppe macht sich von dieser Voraussetzung frei, um dadurch den wahren Verhältnissen näher zu kommen. Zu Untersuchungen der letzten Art gehört die theoretische Arbeit von P. S. EPSTEIN[2] über die Beugung an einem parabolischen Zylinder, wobei EPSTEIN allerdings die Voraussetzung macht, daß der Krümmungsradius des Zylinders in der Größenordnung der auftreffenden Wellenlängen liegt. Die Ergebnisse der Theorien experimentell nachzuprüfen, machte sich die in der Überschrift genannte Arbeit zur Aufgabe. Es sei vorausgeschickt, daß das eigentliche Ziel nur sehr unvollkommen erreicht wurde. Doch beansprucht die Arbeit gerade wegen der ausführlich besprochenen Gründe, die eine genaue Nachprüfung der Theorien hinderten, ein besonderes Interesse.

Im ersten Teil der Arbeit führt der Verfasser Ergebnisse an, die an schärfsten zur Verfügung stehenden Stahlschneiden erhalten wurden. Da eine Intensitätsmessung wegen der zu geringen Stärke des abgebeugten Lichtes unmöglich war, beschränkte man sich auf eine subjektive Feststellung des Schwingungszustandes des abgebeugten Lichtes, wobei sich zunächst

[1] Nach FELIX JENTZSCH, Ann. der Phys. 84, S. 292 bis 312. 1927.

[2] P. S. EPSTEIN, Über die Beugung an einem dünnen Schirm unter Berücksichtigung des Materialeinflusses. München. Diss. 1914.

zeigte, daß bei reinen Versuchsbedingungen das gebeugte Licht linear polarisiert blieb, falls das auf den Spalt treffende Licht linear polarisiert war. Es genügte also, mit einem Nicol als Analysator die Drehung der Polarisationsebene des gebeugten Lichtes gegenüber der des einfallenden Lichtes zu messen. Beobachtet wurde mit einem Spektrometer, das hinter dem Kollimatorobjektiv und vor dem Fernrohrobjektiv je ein Nicol mit Teilkreis trug. Der beugende Schirm stand auf dem Spektrometertisch senkrecht zur optischen Achse des Kollimators, die Kante lag genau in der Drehachse des Fernrohrs. Dank dieser Versuchsanordnung fiel paralleles Licht auf die beugende Kante. Eine Aussonderung einer bestimmten Wellenlänge war mit Rücksicht auf die geringe Intensität des abgebeugten Lichtes nicht möglich, vielmehr arbeitete man mit dem „weißen" Licht einer Osram-Punktlichtlampe von 7,5 Amp. Diese hat neben ruhigerem Brennen gegenüber einer an sich helleren Bogenlampe den Vorteil jeglicher Staubfreiheit. Hierauf ist besonders Wert zu legen, da auch nur geringe Staubpartikel an der beugenden Kante depolarisierend auf das auftreffende Licht wirken. Als beugende Kanten wurden Stahlschneiden von guten Rasierapparaten benutzt. Folgendes Versuchsergebnis sei angeführt:

Drehung der Polarisationsebene.

Beugungswinkel α	1. $\varphi = 45°$	2. $\varphi = 55°$
	ψ	ψ
0°	45°	55°
8° 30′	55,7°	64,2°
13° 30′	60,5°	68,1°
23° 30′	68,5°	74,0°
33° 30′	73,9°	78,1°
43° 30′	78,0°	81,6°
53° 30′	81,4°	83,4°

Es bedeutet:

α den Beugungswinkel, von der geometrischen Schattengrenze aus gerechnet,

φ das Azimut der Polarisationsebene des einfallenden Lichtes,

ψ das Azimut der Polarisationsebene des gebeugten Lichtes,

$\varphi = 0$ und $\psi = 0$ geben an, daß das Licht parallel zur beugenden Kante schwingt.

Ein in der Arbeit durchgeführter Vergleich dieses Versuchsergebnisses mit entsprechenden Überlegungen der bestehenden Theorien zeigt, daß die Drehung der Polarisationsebene mit wachsendem Beugungswinkel viel schneller erfolgt, als es sich aus den Theorien ergibt. Der EPSTEINsche Ansatz kommt den praktischen Verhältnissen am nächsten, doch setzt er die Kenntnis des Krümmungsradius des beugenden Schirmes voraus unter der weiteren Annahme, daß dieser Radius klein gegenüber der Wellenlänge des auftreffenden Lichtes ist.

Diese einschränkende Annahme führte zu der Aufgabe, das Profil der beugenden Kante zu bestimmen, eine Frage, welcher der Verfasser eine eingehende Betrachtung im zweiten Teil widmet. Bilder von Schneiden wie von Paraffinschnitten, die mit einzelnen Schneiden hergestellt wurden, zeigen, daß bei hinreichender (— bis 1200-facher —) Vergrößerung die Messer sämtlich wie Sägen aussehen und außerdem in Ebenen senkrecht zur Schneidenrichtung stark gewellt sind. Interessant ist die Feststellung, daß ein besonders scharfes Messer durchaus nicht die am wenigsten gezackte Schneide zu haben braucht, so daß also das schärfste Messer nicht die beste Beugungskante darstellt. — Zusammenfassend ergibt sich, daß die Unregelmäßigkeiten der Stahlschneiden noch erheblich größer sind als die Wellenlänge des zu den Beugungsversuchen verwandten Lichtes. Da jedoch alle bisher aufgestellten Theorien über die Beugung an Kanten die Unregelmäßigkeiten derselben als klein gegenüber der Wellenlänge voraussetzen, so lassen sich die angeführten experimentellen Ergebnisse streng genommen gar nicht mit den Theorien vergleichen. Das an den Zacken und Ausbuchtungen gebeugte und reflektierte Licht bringt praktisch in die Erscheinung eine Reihe von unübersehbaren Komplikationen, denen die Theorien selbstverständlich nicht allgemein Rechnung tragen können.

In einem dritten Teil der Arbeit behandelt der Verfasser die Frage der Messung eines kleinen Krümmungsradius, denn dieses Problem bleibt auch dann offen, wenn man zackenfreie und ungewellte Schneiden zur Verfügung hätte. Es werden insgesamt sieben Methoden behandelt, die teils auf mikroskopische Ausmessung und teils auf Messungen anderer Art führen, die sich auf statischen Überlegungen oder in einem Fall auf dem Gedanken aufbauen, aus dem Einfluß einer Schneide auf ein elektrisches Feld, auf ihren Krümmungsradius zu schließen. Da die Voraussetzung der zackenfreien, ungewellten Schneide nicht zu verwirklichen ist, so haben die angeführten Methoden kaum eine praktische Bedeutung.

Daher geht der Verfasser in einem letzten Teil auf die Frage ein, ob es nicht möglich wäre, der Schwierigkeiten auf anderem Wege Herr zu werden. Z. B. könnte man erwarten, daß die Kanten guter Kristalle hervorragend scharf sind. Jedoch zeitigte eine Auswahl unter den besten Kristallen des Berliner Mineralogischen Instituts keinen Erfolg. — Ebenso führte der Versuch, die Ränder dünner Metallhäutchen als Beugungskanten zu verwenden, zu keinem brauchbaren Ergebnis. Dabei war es einerlei, ob man die Metallhaut auf Glas niederschlug oder in der Form freier Metallfolien (0,5 μ dick) verwandte, wie sie in der Physikalisch-technischen Reichsanstalt von Herrn Dr. L. Müller hergestellt werden. — Auch der Versuch, als Beugungskante einen Metalldraht von bekanntem, aber größerem als bisher verwandtem Radius zu nehmen und auf der anderen Seite durch einen Metallschirm abzublenden, führte zu Schwierigkeiten. — Schließ-

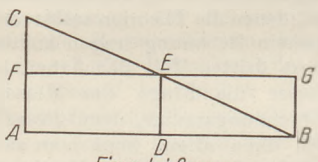
lich liegt der Gedanke nahe, ultrarote Strahlen zur Untersuchung zu verwenden, ist doch in diesem Fall die Bedingung, daß der Krümmungsradius in der Größenordnung der auftreffenden Wellenlängen liegt, leichter zu erfüllen. Eine große Schwierigkeit besteht allerdings darin, daß es für das ultrarote Gebiet an geeigneten Vorrichtungen fehlt, Phasendifferenzen zu messen.

3. Geschichte und Erkenntnislehre.

Zur Galilei-Frage. Von ERNST BRUNN in Kiel.

Hohe Bewunderung für sein Werk und für den Zauber seiner Persönlichkeit bei den einen, Haß und Verketzerung bei den andern, fand Galilei bei Lebzeiten. Und heute? Ja, heute wird die Bedeutung Galileis für die Entwicklung der Physik in einer Weise bestritten, die die Geschichtsschreiber der Physik[1] bis vor kurzem sicher für unmöglich gehalten hätten.

Diese Wendung ist durch den bekannten französischen Physiker P. DUHEM[2] hervorgerufen worden; ihn hat die mühsame Durchforschung der mittelalterlichen Scholastik zu einer Einschätzung ihrer physikalischen Leistungen geführt, gegenüber der ihm Galileis Ruhm verblaßte. In seinem Lichte sah nun auch der um die Geschichte der Mathematik verdiente Deutsche WIELEITNER[3] Galilei als einen Mann, der die den Scholastikern der Pariser und Oxforder Schule



Figur bei Oresme

als „banale Wahrheiten" bekannten „Fallgesetze" ihnen entnommen habe, ohne das in seinen berühmten Nuove Scienze von 1638 zu verraten. WIELEITNER scheint zunächst bei den deutschen Physikern nicht sonderlich Eindruck gemacht zu haben, so daß insofern die Frage der Selbständigkeit Galileis belanglos erscheinen könnte. Nun aber treten uns in den beiden Geschichten der Physik von EDMUND HOPPE[4] von sehr beachtenswerter Seite Werke vor Augen, die einen ähnlichen Standpunkt vertreten. Auch HOPPE schreibt den grundlegenden Satz der Galileischen Lehre von den Fallgesetzen dem französischen Scholastiker und Mathematiker Nicolo Oresme († 1382) zu. Dieses, obgleich DIJKSTERHUIS[1] in seinem scharfsinnigen Werke über die Geschichte des „Falles und Wurfes" von Aristoteles bis Newton auf wesentliche Unterschiede aufmerksam gemacht hat.

Auf den ersten Blick ist es freilich fast verwunderlich, daß man bei Oresme die Figur sieht, die auch bei Galilei vorkommt.

Betrachtet man sie einfach geometrisch, so könnte sie ja die Verwandlung eines rechtwinkligen Dreiecks in ein Rechteck bedeuten. Doch welchen Sinn legt Oresme ihr unter? Es ist sein genialer Gedanke gewesen, den Flächeninhalt geometrischer Figuren zum Maß für die Größe einer „Eigenschaft" (im aristotelischen Sinne) zu nehmen. Ein Beispiel erläutere, was gemeint ist. Denken wir uns eine gleichmäßig, etwa rot, gefärbte Zylinderfläche. Ziehen wir auf ihr eine der Achse parallele Linie und errichten auf dieser Senkrechte, die den „Grad" der Färbung an der betreffenden Stelle durch ihre Länge darstellen sollen, so bestimmen diese ein Rechteck; wenn die Senkrechte im Anfangspunkt bis zu der im Endpunkt parallel sich selbst verschoben wird, nimmt sie alle möglichen Lagen der Senkrechten an. Dieses Rechteck sieht Oresme dann als „Maß" der Färbung des Zylinders längs dieser Linie an. Nehmen wir zweitens einen Zylinder, dessen Mantelfläche ebenfalls rot ist, bei dem aber die Rötung von dem einen bis zum andern Ende gleichmäßig bis zum völligen Verschwinden der Färbung abnimmt. Zeichnen wir nun unsere Senkrechten wieder in der gleichen Bedeutung, so erhalten wir statt des Rechtecks ein rechtwinkliges Dreieck, dessen Inhalt Oresme dann als Maß der Rötung beim zweiten Zylinder erscheint. Und daraus ergibt sich ihm dann bei Flächengleichheit der beiden Figuren der Satz[2], daß eine „gleichmäßig veränderliche" lineare Eigenschaft ihrer Größe nach durch eine gleichförmige Eigenschaft gemessen werden kann, deren Anfangswert halb so groß ist, als der Anfangswert der gleichmäßig veränderlichen Eigenschaft, wenn deren Endwert Null ist.

Gehört nun zu den „linearen Eigenschaften eines Körpers" auch seine „Geschwindigkeit", und wendet man auf sie beispielsweise den vorhin

[1] Vgl. z. B. ROSENBERGER, Geschichte der Physik.

[2] P. DUHEM, Etudes sur Léonard de Vinci. III. Série, Les Précursurs Parisiens de Galilée. Paris 1913, A. Hermann.

[3] a) H. WIELEITNER, Das Gesetz vom freien Fall in der Scholastik, bei Descartes und Galilei. Zeitschr. für math. und naturw. Unterricht. 1914. S. 207 u. ff. — b) Derselbe, Tractatus de latitudinibus formarum des Oresme. Bibliotheca math. Bd. 13. Leipzig 1912/13, Teubner. — c) Derselbe, Tractatus de figuratione potentiarum et mensurarum difformitatum. Bibl. math. Bd. 14.

[4] a) EDMUND HOPPE, Geschichte der Physik. Braunschweig 1926, Vieweg. — b) Derselbe, Geschichte der Physik im 1. Band des ausgezeichneten Handbuchs der Physik von H. GEIGER und KARL SCHEEL. Berlin 1926, Julius Springer.

[1] E. J. DIJKSTERHUIS, Val en Worp. Groningen 1924, P. Noordhoff.

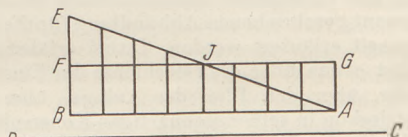
[2] Der Satz lautet bei Oresme, Tract. de fig. pot. et mens. diff. P. III. cap. 7: Omnis qualitas, si fuerit uniformiter difformis, secundum gradum puncti medii ipsa est tanta, quanta qualitas ejusdem subjecti . . . nach WIELEITNER; Bd. 14 der Bibl. math.

formulierten Satz an — und das tut Oresme —, so „ergibt sich“ in der Tat der berühmte Galileische Satz, so zu sagen, nebenbei: Die Zeit, in welcher eine Strecke von einem Körper mit von Null an gleichmäßig wachsender Geschwindigkeit durchlaufen wird, ist gleich der Zeit, in welcher dieselbe Strecke von demselben Körper mit der halben Endgeschwindigkeit der früheren Bewegung gleichmäßig durchlaufen wird[1].

Diese präzise Formulierung findet sich freilich nicht bei Oresme[2], er hat der Sache schwerlich besondere Bedeutung beigelegt. Was er sagt, kann auch nicht als „Beweis“ bewertet werden, schon deshalb nicht, weil unter der Voraussetzung, daß die Flächeninhalte den Weg bedeuten sollen, ein Beweis ohne Infinitisimalrechnung ja nicht möglich ist. Auch hat ihn die Frage, wo und wann solche Bewegungen vorkommen möchten, nicht beschäftigt; insbesondere kommt ihm nicht der Gedanke, die Theorie auf den freien Fall oder gar auf den Fall längs der schiefen Ebene anzuwenden[3].

Und nun Galilei? Als Frucht jahrzehntelanger Bemühungen um die Natur der Gesetze fallender Körper[1] findet er nach anfänglichem Irren[4] die Annahme, aus der er das Quadratengesetz des Falls der Körper, das ihm nach seinen Beobachtungen[5] sicher richtig zu sein schien, ableitete: die Annahme, daß die Geschwindigkeit fallender Körper gleichmäßig mit der Zeit wachse.

Wie leicht wäre der Beweis gewesen, wenn Galilei, wie Oresme, die Flächen als Maß der Wege benutzt hätte; aber eben das hat ihm ganz ferngelegen. Er, der durch die Schule Euklids und Archimedes' gegangen war, hat eine strenge Begründung gesucht und gefunden. Die Figur, an der er den Beweis liefert, hat nur im Umriß dieselbe Gestalt wie bei Oresme. Was bedeutet und wie benutzt sie Galilei? Die Grundlinie dient als Maß der Zeitspanne der Bewegung; jeder ihrer Punkte stellt demgemäß einen Zeitpunkt der Bewegung dar. Die Senkrechten (Parallelen beliebiger Richtung täten dieselben Dienste, wie Galilei offenbar klar ist) in diesen Punkten auf der Grundlinie stellen durch ihre Länge die Größe der Geschwindigkeit in dem entsprechenden Zeitpunkte dar. So stellen die sämtlichen Senkrechten innerhalb des Rechtecks die unveränderlichen Geschwindigkeiten einer gleichförmigen Bewegung und die sämtlichen Senkrechten innerhalb des Dreiecks die wachsenden Geschwindigkeiten der gleichmäßig beschleunigten Bewegung, deren Endgeschwindigkeit das Doppelte der Geschwindigkeit der gleichförmigen Bewegung ist, für dieselbe Zeit dar. Daraus ergibt sich, daß die Geschwindigkeiten in der ersten Zeithälfte kleiner, in der zweiten größer sind, als die der gleichförmigen Bewegung. Zugleich aber, daß in den symmetrisch zur Mitte gelegenen Zeitpunkten das Minus der ersten Hälfte gleich dem Plus der zweiten Hälfte, Punkt für Punkt, gleich ist. Und eben daraus zieht Galilei den Schluß, daß die Gesamtwirkung der



Figur bei Galilei

Geschwindigkeiten, der in beiden Fällen entstandene Weg, bei beiden Bewegungen dieselbe Größe haben muß.

Wie fern dieser Beweisführung der Gedanke, die Flächen zu vergleichen, liegt, beweist schon, daß Galilei neben jener Figur eine besondere Strecke als Weglänge zeichnet[1], wie auch in anderen Figuren des eigentlichen „Lehrbuches“; denn man darf nicht übersehen, daß in Galileis Werk von 1638 neben dem lateinisch geschriebenen Lehrbuch des Meisters die italienisch geschriebenen Unterredungen „der drei Freunde“ einhergehen[2]; das „Lehrbuch“ ist offensichtlich mit seinen Axiomen, Lehrsätzen und Folgesätzen nach dem Muster Euklids aufgebaut.

Leider liegt der Gedanke nicht fern, daß diese streng geometrische Form wohl mit dazu beigetragen hat, daß er weniger studiert wird, als er es verdient. Wieviel bequemer wäre uns dieses Studium, wenn Buchstaben und Formeln zu uns sprächen! Was wir in wenigen Minuten aus der Formel: $s = vt$ ablesen können, erfordert für Galilei notwendig langatmige, durch die geometrische Einkleidung bedingte Auseinandersetzungen: Eine Definition nebst einer auch heute nicht immer beachteten Admonition, vier Axiome und sechs Lehrsätze. Erschwert wird ferner die Form durch das Fehlen von Begriffen und

[1] Le Opere di Galileo Galilei, Edizione Nazionale. Firenze 1890—1909, VIII, S. 197. De Motu Naturaliter Accelerato und S. 208. Theorema I.

[2] Oresme a. a. O.: „De velocitate vero omnino dicendum est, sicut de qualitate lineari dicendum loco puncti medii, instantis medii temporis hujus velocitatis mensuratur. Sic itaque patet cuivis qualitati aut velocitati uniformi adequatur qualitas sive velocitas uniformiter difformis.

[3] E. J. DIJKSTERHUIS, Val en Worp. S. 117.

[4] Edizione Naz. X, S. 115/116. Brief an Paolo Sarpi vom 16. Oktober 1604.

[5] Der Anfang des Briefes an Sarpi lautet: Ripensando circa le cose del moto, nelle quali, per dimostrare gli accidenti da me osservati. . . . . .

[1] Das hat GERLAND übersehen. Vgl. E. GERLAND, Geschichte der Physik. Leipzig. J. J. Weber, 1892, Seite 91.

[2] Es ist bedauerlich, daß, abgesehen von dem Umstand, daß eine längere Anmerkung in den fortlaufenden Text geraten ist, in der Übersetzung ÖTTINGENS diese Teile nicht durch verschiedene Lettern kenntlich gemacht sind.

Einheiten, z. B. der Einheit der Geschwindigkeit. Aber vor allem: Es fehlte ja Galilei noch an dem gewaltigsten Werkzeug naturwissenschaftlicher Forschung, der Infinitesimalrechnung. Um so höher muß man seinen Scharfsinn bewundern, dem es gelang, den sicheren Grund zu einer „neuen Wissenschaft" zu legen, oder wie er selber sagt, daß er sich bewußt sei, den Zugang eröffnet zu haben zu einer Wissenschaft, die erleuchtetere Geister weiter ausbauen würden.

Neu erschienene Bücher und Schriften.

Das Turmteleskop der Einsteinstiftung. Von Erwin Freundlich. III. 43 S. mit 26 Abb. Berlin 1927, Julius Springer. Geh. RM 3.60.

Um den Einsteinturm auf dem Gelände des astrophysikalischen Observatoriums zu Potsdam lag ein geheimnisvolles Dunkel. Genaueres über die innere Einrichtung dieses eigenartigen Bauwerks war nicht zu erfahren. Um so mehr ist es zu begrüßen, daß jetzt von berufener Seite dieser Schleier gelüftet und Bau, Einrichtung, Zweck und Aufgaben dieses Turmes in einer interessant geschriebenen Abhandlung für die Allgemeinheit erläutert werden. Dabei erfährt man zunächst etwas über die Geschichte der Einstein-Stiftung, über den Plan der Anlage, über das Turmteleskop in seiner eigenartigen Konstruktion und über die den Physiker besonders interessierende Spektralanlage mit Gitter- und Prismenapparat. Der Schluß behandelt dann das Laboratorium mit dem elektrischen Ofen und dem Mikrophotometer sowie die elektrische Kraftanlage. Sehr gute Abbildungen erläutern den gut lesbaren Text dieses Büchleins, das jeder Physiker gern lesen wird. *A. Wenzel.*

K. Sumpfs Grundriß der Physik. Ausgabe B, vorzugsweise für Realschulen und die Unterstufe höherer Realanstalten, höherer Bürgerschulen und verwandte Anstalten. Herausgegeben von H. Hartenstein. 9. Aufl. Hildesheim und Leipzig 1925, August Lax. 264 S. mit 512 in den Text gedruckten Abbildungen und einer Spektraltafel in Farbendruck. Geb. RM 3.80.

Gegenüber den früheren Auflagen ist die vorliegende in einigen Teilen gekürzt, und damit sind teils mathematischer Ballast (trigonometrische Funktionen, Reziprokengleichung für Kugelspiegel und Linsen usw.), teils für eine Einführung unbedeutende physikalische Erscheinungen und Apparate aus dem Buch beseitigt. Dafür ist die Elektrizitätslehre erweitert und umgearbeitet. Die doppelte Behandlung der galvanischen Stromquellen (besonders des Akkumulators) zunächst als vorläufige Stromquelle und erst später in eingehender Erörterung hat ihre Schwierigkeiten. Auch wäre die möglichst frühe Einführung der Ablenkung der Magnetnadel und des Galvanoskops zu wünschen, schon des Stromanzeigers wegen. Ob eine Behandlung der Kathoden- und Röntgenstrahlen sowie der Radioaktivität (§ 104) auf der Unterstufe Ersprießliches bringen kann, erscheint auch zweifelhaft. Sonst ist das Lehrbuch in seinem systematischen Aufbau mit seinen vielen Schülerübungsaufgaben und sonstigem Übungsstoff im Unterricht auch in der neuesten Auflage brauchbar. *A. Wenzel.*

Lehrbuch der Physik. Erweiterte Ausgabe für die höheren Schulen. Mit Anhang: Elemente der Astronomie. Von Joh. Kleiber. 12. Aufl. München und Berlin 1927, R. Oldenbourg. Geb. RM 6.—.

Die 12. Aufl. des Buches, das ursprünglich für Gymnasien und Realgymnasien bestimmt war und die Ober- und Unterstufe in einem Werk vereinigen sollte, ist so erweitert worden, daß sie auch den Anforderungen der Oberrealschule genügen dürfte. Sie ist wohl nur noch für die Oberstufe bestimmt.

Das Buch hat in der neuen Auflage eine gründliche Umarbeitung erfahren. Dabei sind die bisherigen Vorzüge, wie die übersichtliche Anordnung des Stoffes, die Hervorhebung wichtiger Formeln und Lehrsätze, der Reichtum an Figuren, die große Zahl von Musterbeispielen, gewahrt und zum Teil noch schärfer herausgearbeitet worden. So sind z. B. die Figuren noch erheblich vermehrt und vor allem auch übersichtlicher zusammengestellt worden. Die Darstellung ist dem Arbeitsunterricht angepaßt, aus dem trockenen Dozieren ist ein lebendiges Frage- und Antwortspiel geworden, das zur Mitarbeit anspornt. Die Schülerübungen finden gebührende Berücksichtigung. Eine große Anzahl brauchbarer Aufgaben gibt Gelegenheit zur Einübung des Gelernten.

Auch die Anordnung des Stoffes ist geändert. Zunächst wird die Gleichgewichtslehre behandelt, die Wärme, die geometrische Optik, Magnetismus und Elektrizität. Dann folgen die Bewegungslehre und die Wellenlehre mit ihren verschiedenen Anwendungen, in einem Anhang die Astronomie. Einige Abschnitte sind neu hinzugekommen: Messung des elektrischen Feldes, Eigenschaften des Wechselstroms, elektromagnetische Lichttheorie, das heutige physikalische Weltbild. Die Technik wird durchgehend berücksichtigt, wichtigen Fragen sind besondere Abschnitte gewidmet: Walchenseewerk, Flettnerschiff, Dieselmotor, drahtlose Bildübertragung. An einigen Stellen wird die Infinitesimalrechnung benutzt.

Es ist bedauerlich, daß das vortreffliche Werk auch einen großen Mangel aufweist, der sich indessen unschwer beheben lassen dürfte. Das ist eine ganze Anzahl von Druck- und sonstigen Fehlern, und zwar an Stellen, wo sie nicht stehen dürften. Z. B. 1 Weber = 10 Ampere $= 3 \cdot 10$ LE/sek (statt $3 \cdot 10^{10}$ LE/sek), oder das Biot-Savartsche Gesetz: $P = \frac{m\,l}{r^2}\sin\alpha$ statt $P = \frac{i\,m\,l}{r^2}\sin\alpha$ u. a. Und dann die Lösungen zu den Aufgaben! Darin muß unbedingt Abhilfe

geschaffen werden. Wie wäre es, wenn dem Buch ein Blatt mit Berichtigungen beigelegt würde? Sein Wert würde dadurch erheblich steigen, und zweifellos wird es sich dann zu seinen alten Freunden zahlreiche neue erwerben. *Grohmann.*

Experimentalphysik. I. Mechanik der festen, flüssigen und gasigen Körper. Von Prof. Rob. Lang. 3. Auflage. (Sammlung Göschen, 611. Bd.). Berlin und Leipzig 1926, Walter de Gruyter & Co. 146 S., 125 Abbildungen. Preis geb. RM 1.50.

Das kleine Bändchen gibt in 2 Teilen: Mechanik der idealisierten Materie und Mechanik der wirklichen Materie, eine ansprechende Beschreibung der mannigfaltigen Apparate und Versuchsanordnungen, die zu einem guten Verständnis der mechanischen Vorgänge nötig sind. Der reiche Stoff ist übersichtlich nach Stichworten in kleine knapp und klar abgehandelte Abschnitte geteilt, die Studium und Einprägung erleichtern. Auch neuere Fortschritte, wie der Kreiselkompaß, die Gaedeschen Luftpumpenkonstruktionen, der Magnus-Effekt haben Berücksichtigung gefunden. Das kleine Buch ist zum Studium wie zur Wiederholung gleich gut geeignet. Die vielen, an sich hübsch gezeichneten Figuren, die den Text wirksam erläutern, möchte man gelegentlich etwas größer wünschen. *Nickel.*

Physik für Mittelschulen. Von H. Filipp und F. Martens. München und Berlin 1927, R. Oldenbourg. Geb. RM 4.—.

Das Buch entspricht den Bestimmungen über die Mittelschulen in Preußen vom 1. Juli 1925. Die Verfasser stellen sich ausdrücklich auf den Standpunkt, dem Lehrer beim Anstellen der Versuche und Ableiten der Gesetze möglichste Freiheit zu lassen. Daher werden vielfach die Gesetze einfach mitgeteilt, und nur in schwierigeren Fällen wird auf ihre Entwicklung eingegangen. Dafür bringen sie entsprechend den Bestimmungen zahlreiche Anwendungen aus dem täglichen Leben. Der Text wird in glücklicher Weise ergänzt durch eine große Anzahl von schematischen Zeichnungen, deren Bedeutung in kurzen Worten darunter angegeben wird, so daß Text und Zeichnungen ziemlich unabhängig nebeneinander herlaufen, der Text sozusagen die theoretische Physik bringt, die Zeichnungen die praktische.

Dem Gedanken des Arbeitsunterrichts wird durch zahlreiche Fragen und Rechenaufgaben, die in den Text eingestreut sind, Rechnung getragen. Die Schülerübungen sind auf einige wichtige Gebiete beschränkt, wie Bestimmung des spezifischen Gewichts, Wärmemessungen, Wetterbeobachtungen (besonders ausführlich), Widerstands- und Strommessungen.

In der Abbildung der hydraulischen Presse ist ein Irrtum unterlaufen. *Grohmann.*

Materie, Elektrizität, Energie. Grundlagen und Ergebnisse der experimentellen Atomforschung. Von Prof. Dr. Walther Gerlach. Zweite Auflage. (Band VII der naturwissenschaftlichen Reihe der „Wissenschaftlichen Forschungsberichte", herausgegeben von Dr. R. E. Liesegang). Dresden und Leipzig 1926, Verlag Theodor Steinkopf. XII und 291 Seiten, 119 Fig. Geh. RM 15.–; geb. RM 16.50.

„Eine Auswahl des Wichtigsten in gedrängter Form zu bieten, was In- und Ausland seit etwa 1914 in jedem einzelnen Zweige der Naturwissenschaften geleistet hat, ist Zweck und Ziel dieser Wissenschaftlichen Forschungsberichte (Naturwissenschaftliche Reihe)", so heißt es in dem allgemeinen Vorwort. Was den vorliegenden Band im speziellen betrifft, so ist er nicht in erster Linie für den Fachphysiker bestimmt; er wendet sich „gerade an den Chemiker, den Mineralogen, den technischen Physiker, den Ingenieur, den naturwissenschaftlichen Studenten, indem die wichtigsten Grundlagen der Einzelfragen stets besprochen, Voraussetzungen irgendwelcher Spezialkenntnisse möglichst vermieden sind". Nach diesen Worten hat Verf. auch wirklich gehandelt. In Anbetracht dieses Zieles ist als ein besonders glücklicher Griff anzusehen, daß das ganze Gebiet in 30 einzelnen, in sich möglichst abgeschlossenen Kapiteln behandelt wird, so daß jeder in der Lage ist, sich die Kapitel herauszuwählen, die ihn gerade interessieren, ohne daß er das ganze Buch durchlesen muß.

Die 30 Kapitel führen uns durch alle Gebiete der experimentellen Atomistik; ihre Überschriften im einzelnen anzugeben, ist hier nicht angängig. Nach einer Einleitung über allgemeine Atomistik, Radioaktivität, periodisches System usw. wird zunächst das Atom ausführlich behandelt (Isotopie, Trennung von Isotopen, Atomstrahlen, Atomabbau); es folgen Kapitel über das Elektron und das Magneton, dann über die Leitfähigkeit von Metallen bei tiefer Temperatur (Supraleitfähigkeit) und von Kristallen. Einen sehr breiten Raum nehmen die Kapitel über die optischen, die Röntgen- und die ultraroten Spektren ein (hier werden auch die Versuche über die Beugung von Röntgenstrahlen an Spalten und ihre Brechung an Glasprismen bei sehr kleinen Inzidenzwinkeln besprochen). Die nächsten Kapitel behandeln die physikalischen und chemischen Eigenschaften der Lichtstrahlen und schließlich Strahlungsmessungen. Das Schlußkapitel gibt die neueren Anwendungen der Spektrallehre auf die Astronomie.

Der Inhalt des Buches ist ungemein reichhaltig und wird vielen Ansprüchen gerecht. Nach meiner Erfahrung ist häufig auch gerade in den Kreisen der Lehrer an höheren Schulen das Bedürfnis und der Wunsch vorhanden, sich über die neuere Atomistik und vor allem über ihre experimentellen Grundlagen näher zu informieren, ohne freilich dabei zu tief in die Theorie steigen oder umfangreiche Werke durcharbeiten zu müssen. Diesen Kollegen möchte ich das vorliegende Buch warm empfehlen. Hier finden sie in kurzer Form aus der Feder eines vorzüglichen Kenners das, was sie suchen. Daß Verf. mit der Abfassung des Werkes einem wirklichen

Bedürfnis entgegengekommen ist, beweist die Tatsache, daß die erste Auflage 1923, die zweite bereits 1926 erschienen ist. *E. Lamla.*

Die Welt der Atome. Zehn gemeinverständliche Vorträge. Von Arthur Haas, Dr. phil., a. o. Professor für Physik an der Universität Wien. Mit 37 Figuren im Text und auf 3 Tafeln. Oktav. XII, 130 Seiten. Berlin und Leipzig 1926, Verlag von Walter de Gruyter & Co. Geh. RM 4.80; geb. RM 6.—.

Das vorliegende Buch von Haas bietet allen, denen die mathematischen Vorkenntnisse zum Studium größerer, rein wissenschaftlicher Bücher über dieses Gebiet fehlen, Gelegenheit, sich an einer guten, gemeinverständlichen Darstellung der Ideen und Probleme, der Hypothesen und Theorien der Atomistik über dieses im Vordergrunde des physikalischen Interesses stehende Gebiet der neueren Forschung zu unterrichten. Dabei gibt es nicht nur eine beschreibende Schilderung der Welt der Atome, sondern führt auch in gemeinverständlicher Weise in die wichtigsten Gedankengänge der Theorie ein, ohne sich dabei mathematischer Hilfsmittel zu bedienen. Die Darstellung geht den üblichen Weg von der Materie und der Elektrizität in ihrem Zusammenhang zu den Bausteinen der Atome, den Quanten des Lichtes, den Spektren und Energiestufen, zum Wasserstoffatom, dem periodischen System, dem Atom als Planetensystem und den Molekeln. Die Radioaktivität sowie die Umwandlung der Elemente beschließen die Ausführungen, die noch durch die Wiedergabe einiger Konstanten ergänzt werden. Von der Behandlung der Theorien ist besonders die Einführung der Grundideen der Bohrschen Theorie zu erwähnen. Sie ist zwar, wie Verfasser selbst betont, verschieden von der historischen Methode, jedoch für den vorliegenden Zweck ohne Verwendung von Mathematik als durchaus brauchbar zu bezeichnen. Überall tritt das Bestreben des Verfassers hervor, Zweiflern an der Existenz der Atome auf möglichst verschiedenen Wegen zu beweisen, daß der Physiker mit Recht die Wirklichkeit der Atome als gesichert ansehen kann. So kann das vorliegende Buch als eine gute Einführung in die Welt der Atome bezeichnet werden, das manchem Physiker und Chemiker gute Dienste leisten wird und auch reiferen Schülern in die Hand gegeben werden kann. *A. Wenzel.*

Das Telephon und sein Werden. Von Oberingenieur August Rotth. Mit einem Geleitwort vom Staatssekretär im Reichspostministerium E. Feyerabend. VIII, 148 Seiten mit 33 Abbildungen. Berlin 1927, Julius Springer. Preis geb. RM 4.50.

Im November 1877, also vor 50 Jahren, ist der Fernsprecher in der von Amerika übernommenen Form in Deutschland in den Dienst des öffentlichen Nachrichtenverkehrs gestellt worden. Anläßlich dieses Jubiläums rollt sich wieder die Frage nach dem Erfinder des Telephons auf. Die Ansichten hierüber sind geteilt. In den Vereinigten Staaten von Amerika und in vielen anderen unter ihrem Einfluß stehenden Ländern gilt Alexander Graham Bell in Boston als der Erfinder. Es haben aber auch andere Amerikaner, vor allem Elisha Gray, Chicago, die Erfindung für sich beansprucht. In Frankreich spricht man vielfach Bourseul, Paris, das Verdienst zu. Wir Deutsche erblicken in dem Lehrer Philipp Reiss, Friedrichsdorf im Taunus, der sein „Telephon“ schon 15 Jahre vor Bell herstellte, den eigentlichen Schöpfer dieses so wichtigen Instrumentes, wobei Bells Verdienste, dem Empfänger die klassische einfache Form gegeben zu haben, nicht verkannt werden sollen. Mindestens ebenso große Bedeutung für die Weiterentwicklung des Lautübertragers aber hatte die Erfindung des Mikrophons durch Hughes, durch die der Geber wesentlich verbessert wurde.

Der Verfasser nahm nun auf Grund der Dokumente des Reichspostministeriums und des Archivs der Firma Siemens & Halske eine gründliche kritische Untersuchung über die Erfindung des Fernsprechers vor. Jeder, der sich für die Geschichte der Entstehung des Telephons oder für das Werden einer Erfindung überhaupt interessiert, wird die anregend geschriebene Arbeit, die das umfangreiche Tatsachenmaterial sorglich, sachlich und übersichtlich verwendet, mit Genuß studieren und das Buch mit der Überzeugung aus der Hand legen, daß Philipp Reiss der Erfinder des Fernsprechers gewesen ist. *Nickel.*

Physikalische Grundlagen der Wellentelegraphie und -telephonie. Von o. ö. Prof. Dr. J. Tuma-Prag. 177 Seiten. 140 Abbildungen. Frankfurt a. M. 1926, Bechhold. Preis brosch. RM. 3.90.

Das Büchlein ist für alle diejenigen bestimmt, die sich nicht nur bastelnd mit der Radiotechnik beschäftigen, sondern auch die theoretischen Grundlagen dieses Gebietes gründlich studieren wollen. Mathematik ist nach Möglichkeit vermieden, dafür ist auf bildliche Darstellung erhöhter Wert gelegt. Der Stoff ist in 5 Kapitel gegliedert, von denen sich die 3 ersten mit den Erscheinungen der Elektrostatik, der stationären Elektrizitätsströmung und den Gesetzen des veränderlichen Magnetismus und Stromes beschäftigen. Die letzten beiden umfangreichsten Kapitel handeln von der Erzeugung der Schwingungen und der Ausbreitung elektromagnetischer Wellen.

Wegen der eingehenden Behandlung der einfacheren Erscheinungen, die an Hand vieler Versuchsbeispiele geschieht, wird es auch dem weniger vorbereiteten Leser möglich sein, sich in das Gebiet der Schwingungen und ihrer Fortpflanzung hineinzuarbeiten.

Die Heranziehung mechanischer und hydrodynamischer Bilder erleichtert sicher das Verständnis, ebenso wie die vielen Hinweise auf die praktische Anwendung, die der Mehrzahl

der Leser willkommen sein dürften. Besonders gründlich und eingehend ist die Entstehung und Ausbreitung der Wellen um einen Hertzschen Oszillator behandelt. *Nickel.*

Bildrundfunk. Von A. Korn und E. Nesper. IV, 102 S. mit 65 Textabbildungen. Berlin 1926, Julius Springer. Preis geh. RM 5.40.

Nach einer kurzen Einleitung aus der Feder von E. Nesper über Bildübertragungen von Wetterkarten, Zeichnungen, von Photos usw., über den Wirtschaftsrundfunk, die Bedeutung der Bildrundfunkübertragung für den Polizeidienst, medizinische Zwecke und Reklame bringt A. Korn die Methoden der Bildtelegraphie, die für den Bildrundfunk in Betracht kommen. Er behandelt die teleautographische Sendemethode sowie die mit lichtelektrischen Zellen und erörtert dann eingehend die verschiedenen Empfangsmethoden. Einen besonderen Abschnitt widmet er dem ebenso grundlegenden wie schwierigen Problem des Isochronismus zwischen den rotierenden Apparatteilen des Senders und denen des Empfängers. Im 3. Kapitel geht dann E. Nesper auf die Systeme des Bildrundfunks von Korn, Baker, Dieckmann, Belin und Nesper, die praktische Bedeutung erlangt haben, ein und schließt dann das Bändchen mit einer Beschreibung der Fernkinoapparate von C. F. Jenkins und I. L. Baird sowie des Schnelltelegraphenapparats von Karolus-Telefunken. Dieses klar und einfach geschriebene Bändchen werden wohl alle Physiker mit Interesse lesen, zumal die Literatur über dieses Gebiet sonst sehr verstreut und spärlich ist. Auch für die Schülerbibliothek der Oberklassen eignet sich das Bändchen. *A. Wenzel.*

Wetterrundfunk, Bildfunk, Television (drahtloses Fernsehen). Von G. Eichhorn. 82 S. mit 36 Abb. Leipzig und Berlin 1926. B. G. Teubner. Kart. RM 3.20.

Auch dieses Bändchen wendet sich wie das vorhergenannte an weiteste Kreise der Funkfreunde. Vom Inhalt sei hier genannt: Teleautographische Methode, Wetterfunk nach Prof. Dieckmann, Reliefmethode, Methode der lichtempfindlichen Zellen, Bildfunk, System Karolus-Telefunken; den Schluß bildet das Fernsehen, wobei Prinzip und Aussichten des Problems sowie die Systeme von Karolus-Telefunken und Dieckmann für diesen Zweck besprochen werden. Somit gibt das Büchlein einen gut lesbaren Überblick über den gegenwärtigen Stand des Bildfunks. Es ist nicht nur den Lehrern, sondern seiner einfachen Darstellung wegen auch für die Schülerbibliothek der Oberklassen zu empfehlen. *A. Wenzel.*

Innenantenne und Rahmenantenne. Von Dipl.-Ing. Friedrich Dietsche. 2., verbesserte und stark erweiterte Aufl. (Bibliothek des Radio-Amateurs, 15. Band.) VI, 110 Seiten. 90 Textabbildungen. Berlin 1927, Julius Springer. Preis brosch. RM 3.30.

Als die 1. Auflage des Büchleins erschien, hatte man noch wenig mit der Rahmenantenne gearbeitet, die Empfänger verlangten zu einwandfreier Funktion gute Hochantennen. In der Zwischenzeit führte die steigende Zahl der Rundfunkhörer hinsichtlich der Anlage von Außenantennen, für die auch besondere Vorschriften bestehen, zu Schwierigkeiten. Damit rückt die Innenantenne in den Vordergrund. Das Bändchen gibt wertvolle theoretische Hinweise zur Erfassung der elektrischen Verhältnisse der Innenantenne, und vor allem leitet es den Bastler auf Grund praktischer Erfahrungen zur Herstellung guter und betriebsfähiger Innenantennen und zum Bau der Rahmenantennen an, die für die Kunstschaltungen ständig erhöhte Bedeutung gewinnt. *Nickel.*

Philosophie der Mathematik und Naturwissenschaft. Von Hermann Weyl (Aus „Handbuch der Philosophie", 4. Lieferung, Teil I, 64 S., brosch. RM 2.60, Teil II, 162 S., brosch. RM 4.—). München 1926. Verlag R. Oldenbourg.

Die vorliegenden Teile des das Gesamtgebiet der Philosophie umfassenden Handbuchs sind wie alles, was der rühmlichst bekannte Verfasser schreibt, außerordentlich konzentriert dargestellt, so daß vom Leser eine der gedanklichen Tiefe des Gegenstandes angemessene Hingabe verlangt wird, die dann allerdings ihren Lohn in sich trägt. Die Themen des ersten Teils umfassen die Probleme, die die Loslösung des mathematischen Denkens vom metaphysischen, also seine Grundlegung und Logisierung angehen, wie die Axiomatik, das Kontinuum, die Geometrie in ihren verschiedenen Darstellungsarten einschließlich ihrer Beziehung zum Bewegungs- und Relativitätsproblem. Der naturwissenschaftliche Teil entwickelt die Problematik der Naturwissenschaft als einer abstrakten Gesetzeswissenschaft, die sich die Mathematisierung der Natur für die Zwecke ihres Verständnisses zum Ziel gesetzt hat. Es kommt dem Verfasser weniger darauf an, sich mit anderen Auffassungen, z. B. Dinglers, auseinanderzusetzen, als seine eigene darzulegen, wobei er oft auf die historischen Ansätze der Gedankengänge, die ihm heute maßgebend sind, eingeht. Es kann nicht überraschen, daß dabei Leibniz besonders oft erwähnt wird und daß die Probleme Raum, Zeit, Materie im Sinne der Relativitätstheorie behandelt sind.

Das Studium des außerordentlich wertvollen Werkes kann allen Mathematikern und Naturwissenschaftlern dringend empfohlen werden.

Dr. Eugen Stock.

Metaphysik der Natur. Von Hans Driesch. („Aus dem Handbuch der Philosophie"). 95 S. München und Berlin 1927, Verlag R. Oldenbourg. RM 4.50.

Metaphysik, von Driesch als Wirklichkeitslehre gefaßt, ist für jeden Philosophen oder jedes System die Summe der bewußt oder unterbewußt vorhandenen Begriffe, die der Erkenntnis der Wirklichkeit erst Deutung und Sinn geben können. Die Mißachtung, die eine in Phantastik

ausartende Metaphysik dieser bisweilen als Ganzes zugetragen hat, kann den Besonnenen — wie auch die Erfahrung lehrt, — nie darüber hinwegtäuschen, daß ohne jede Zuhilfenahme von a priori gefaßten Ideen eine Logisierung der Realität, also das Ziel jeder Erkenntnistheorie, nicht verwirklicht werden kann. Driesch gibt uns nun, als selbständiger Vertreter einer besonders durch biologische Probleme gerichteten Metaphysik, einen historischen Führer durch diese Ideenwelt, von den Griechen angefangen bis zur Gegenwart. Es ist natürlich, daß nur bei schärfster Konzentration des Stoffs diese fast eine Geschichte der Philosophie überhaupt umfassende Aufgabe so gelöst werden konnte, wie es dem Verfasser in seltener Klarheit der Darstellung gelungen ist. Nicht „leicht" geschrieben, aber tief und großartig das Ringen des menschlichen Geistes um die Bewältigung der ewigen Rätsel der Natur offenbarend. *Dr. Eugen Stock.*

Beobachte und versuche! Ein Arbeitsbuch für das Erforschen und Verstehen der Naturerscheinungen für die erste Klasse der Bürgerschulen. Von J. Deisinger, Dr. R. Beranek und H. Kellermann. Wien, Berlin, Leipzig, New York, Deutscher Verlag für Jugend und Volk, G. m. b. H., 96 Seiten. Preis RM 2.40.

Das vorliegende erste Bändchen einer Naturlehre für die Unterstufe ist für Schüler der ersten Klasse österreichischer Bürgerschulen (11. Lebensjahr) bestimmt und sucht die neuen Forderungen der österreichischen Schulen zur Geltung zu bringen. „So will das Buch auf Wiener Boden stehen. Das große Bauwerk der Wiener Wasserleitung, auch durch Bildschmuck veranschaulicht, ist möglichst eingehend behandelt." Die Stärke des Buches beruht zum Teil auf der Fülle der angeführten Schülerversuche, die sich mit einfachsten Geräten anstellen lassen. „An die Umwelt des Schülers ist angeknüpft; was der Schüler erfahren, erschaut und selbst versucht hat, soll den Ausgangspunkt beim Unterricht bilden. Der Schüler soll auch in der Unterrichtsstunde so viel als möglich selbsttätig sein, so oft als möglich ans Gerät kommen und lernen, in gemeinsamer Arbeit mit seinen Mitschülern Beobachtungen zu machen und festzuhalten." Der Schauversuch des Lehrers ist nicht ganz fallen gelassen worden. Auch ist der Lehrer keineswegs durch die Art der Darreichung des Stoffes ausgeschaltet; im Gegenteil, die Lehrmethode des Verfassers stellt hohe Anforderungen an Vorbereitung und Organisation und macht den Lehrer nötiger denn je. Z. B. zeigt Abb. 66 S. 47 eine Warmwasserheizung; im Text steht nur: Erkläre nach Abb. 66 die Warmwasserheizung. Auch die dem Buche beigegebenen historischen Bilder verlangen dringend einen Erklärer (s. Bild S. 37).

Das Buch verdient hinsichtlich der eigenartigen Darreichung des Stoffes Beachtung und dürfte Lehrern, denen nur geringe Mittel für ihren physikalischen Unterricht zur Verfügung stehen, willkommen sein. *A. Semiller.*

Tabellen zu den Vorlesungen über allgemeine und anorganische Chemie. Von H. Staudinger, unter Mitarbeit von A. Hensle. Karlsruhe 1927, G. Braun Verlag. 226 Seiten. Preis geb. RM 9.—.

Die Tabellen sind aus der Vorlesung des Verfassers über anorganische Chemie hervorgegangen und bestimmt, den früheren und jetzigen Hörern des Verfassers im Zusammenhang mit einem Lehrbuch oder mit der Vorlesung die Grundlagen der anorganischen Chemie in kurz gedrängter Form darzubieten. Sie bilden ein ausgezeichnetes Repetitorium der Chemie von großer Anschaulichkeit und Klarheit, nicht trockene Aufzählung, sondern lebendige, von pädagogischem Geschick zeugende Darstellung der Haupttatsachen und ihrer Zusammenhänge. Wir finden darin geschichtliche Notizen, Produktionszahlen in Tabellen und graphischen Darstellungen, chemische Grundgesetze, Vergleiche von Elementen und ihren Verbindungen, Löslichkeitstabellen und -Kurven, Dissoziationsspannungen, Atomgewichte, Dissoziationsgrade und Gleichgewichtskurven, chemische Gleichungen für wichtige technische Prozesse, Röntgenspektren und Atombau, Isotope, Verschiebungssätze, Verbreitung der Elemente, osmotischer Druck, Eutektikum, Definition des Wasserstoffexponenten und vieles andere aus allen Gebieten der anorganischen und allgemeinen Chemie. Wichtige Definitionen sind von einem kurzen erläuternden Text begleitet.

Der Lehrer der Chemie wird die Tabellen mit großem Nutzen für seinen Unterricht verwenden können. *Dm.*

Reaktions-Schemata. Zur Einführung in die anorganische Chemie und zu Wiederholungen, von Dr. Christoph Schwantke. München und Berlin, Verlag von R. Oldenbourg.

Mit diesen Schematen wird uns ein gänzlich neuartiges Hilfsmittel für den chemischen Unterricht dargeboten, das freilich den Lesern dieser Zeitschrift durch Aufsätze in den Jahrgängen 1920 und 1926 schon bruchstückweise vorgelegt worden ist. Die Reaktions-Schemata scheinen mir in der Tat den Schülern und Lehrern außerordentlich wertvolle neue Möglichkeiten des Verstehens und Merkens an die Hand zu geben, die sich ohne Zweifel allgemein durchsetzen werden. In dem Momentensatz, daß Teilchenzahl × Oxydationsschritte = Teilchenzahl × Reduktionsschritte sein muß, gibt der Verfasser einen auch für die Schüler ganz bequemen Weg, selbst verwickeltere Formeln mit Verständnis abzuleiten. Nehmen wir ein Beispiel: In dem soeben in 14. Auflage erschienenen bekannten Leitfaden von Arendt-Doermer wird auf Seite 249 der schöne Versuch beschrieben, aus Chromeisenstein mit Salpeter und Pottasche, Chromat und Eisenoxyd zu machen. Schüler, die durch die Schemata auf das Merken von Wertigkeitsänderungen geleitet worden sind, machen sich hier sofort klar, das jedes Chrom um + 3, jedes Eisen um + 1, der Chromeisenstein also insgesamt um 7 Stufen

oxydiert wird, während jeder Stickstoff seine Wertigkeit um 2 vermindert.

So ergibt sich:

$$\underset{+7}{2\,Cr_2O_3} \cdot \underset{-2}{FeO} + 7\,KNO_3 + 4\,K_2CO_3 = 4\,K_2CrO_4 + KNO_2 + Fe_2O_3 + 4\,CO_2.$$

Aber nicht das Bilden von Gleichungen ist der eigentliche Sinn der Schemata, sondern vielmehr die Absicht, den Schülern die in Unterricht und Übungen behandelten Reaktionen als Teilstücke einer umfassenden Reaktionsgemeinschaft typischer und von Element zu Element sich wiederholender Art erkennen zu lassen.

Die Vorgänge der Oxydation und Reduktion erklären sich jetzt ganz ungezwungen und in einer den letzten Ergebnissen der physikalischen Chemie durchaus angepaßten Weise aus der Anschauung heraus, daß oxydierter Zustand bei heteropolaren Verbindungen = positiv geladener Zustand und reduzierter Zustand = negativ geladener Zustand ist. Diese Anschauung verknüpft die Elektrochemie auf die einfachste Weise mit der sonstigen Chemie.

Die für die Einführungen in die Salzumsetzungen außerordentlich bequeme und von mir seit Jahren stets ebenfalls gebrauchte Ausdrucksweise, daß im Salz begrifflich eine Base und eine Säure stecke, leitet ohne Sprung über zu der Vorstellung, daß ein oxydierter und reduzierter Bestandteil im Salze ist und daher in der Salzlösung ein positives und negatives Ion.

Auch der mehr äußerliche Vorzug soll nicht unerwähnt bleiben, daß der Gedächtnisstoff in einer das Merken sehr erleichternden Weise durch das Schemabild geordnet wird.

Es kann nur jedem Chemiker sehr empfohlen werden, die Möglichkeiten des Heftchens für sich und für den Unterricht nutzbar zu machen.

Dr. Adolf Frankfurth.

Der Gebrauch von Farbindicatoren. Ihre Anwendung in der Neutralisationsanalyse und bei der colorimetrischen Bestimmung der Wasserstoffionenkonzentration. Von I. M. Kolthoff. Dritte Aufl. Berlin 1926, Verlag von Julius Springer. XII, 288 Seiten, 25 Textabbildungen und eine Tafel. Preis RM 12.—.

Der Verfasser führt zunächst ganz elementar in die Theorie der Neutralisation ein, erläutert den Begriff und die Bezeichnung der Wasserstoffionenkonzentration sowie die Pufferwirkung und beschreibt die Aufstellung von Neutralisationskurven. Sodann werden Reaktionen amphoterer Stoffe, die vom Verfasser Ampholyte genannt werden, nach dem Massenwirkungsgesetz und unter Heranziehung der Zwitterionentheorie von N. Bjerrum rechnerisch dargestellt und erklärt. Eingehend werden die einzelnen Indikatoren und ihre Anwendung in der Neutralisationsanalyse zur kolorimetrischen Bestimmung der Wasserstoffionenkonzentration und die Fehlerquellen bei diesem Verfahren beschrieben. Von besonderem Interesse sind die praktischen Anwendungen der kolorimetrischen Bestimmung der H-Ionenkonzentration auf die Untersuchung des Trinkwassers, von Mineral- und Abfallwässern, von Salzen auf saure oder basische Verunreinigungen, von Bodenproben, bei denen die H-Ionenkonzentration auf den Ertrag und die Gesunderhaltung der Kulturpflanzen oft von größtem Einfluß ist, von Wein, Bier und Fruchtsäften. Eine rohe Bestimmung der Wasserstoffionenkonzentration (p_H mit einem Fehler bis 0,4) kann mit Indikatorpapieren ausgeführt werden, deren Herstellung und Anwendung beschrieben wird; diese Methode eignet sich auch für Schulversuche. Den Schluß des Buches bildet die Theorie der Indikatoren, die definiert werden als scheinbar schwache Säuren oder Basen, deren ionogene Form eine andere Farbe und Konstitution besitzt als die pseudo- oder normale Verbindung. Die kleinen Abweichungen dieser Begriffsbestimmung von den von Ostwald und Hantzsch vertretenen Anschauungen werden näher begründet. *Dm.*

Die Enzyme. Von Ernst Waldschmidt-Leitz. (Aus der Sammlung „Die Wissenschaft" Bd. 76.) Braunschweig 1926, Verlag von Friedr. Vieweg & Sohn A.G. 233 Seiten.

Die Enzyme oder Fermente, das sind nach der heutigen Definition spezifische Katalysatoren der organischen Natur, die zwar von lebenden Zellen gebildet, in ihrer Wirkung aber unabhängig von deren Gegenwart sind, haben an Bedeutung sehr gewonnen, seitdem man ihre Funktionen als fein abgestimmte Reagenzien zur Auslösung ganz bestimmter Reaktionen besser kennt und beherrscht, obwohl die Ermittelung ihrer Konstitution noch immer aussteht. In der vorliegenden Schrift wird die starke Abhängigkeit der Enzymwirkung von der H- oder OH-Ionenkonzentration, die besonders von Sörensen und Michaelis erforscht und hervorgehoben worden ist, an Beispielen dargelegt, und es wird gezeigt, wie die Lösungen bestimmter Elektrolyte, der Pufferlösungen, als Regulatoren für die Enzymwirkung von großer Bedeutung sind. Der Geltungsbereich des chemischen Massenwirkungsgesetzes für enzymatische Reaktionen wird erörtert, und es wird dargelegt, wie nach H. v. Euler die Lage des Gleichgewichts bei diesen Reaktionen nicht von der Konzentration der beteiligten Stoffe, sondern von dem Verhältnis ihrer Affinitäten zu dem Enzym bestimmt ist. Die Wirkung besonderer Aktivatoren z. B. der Enterokinase auf die Enzymtätigkeit des Trypsins, die hemmenden Wirkungen der Schwermetallsalze und die Giftwirkung der Blausäure auf Katalase und andere für den Stoffwechsel wichtige Enzymreaktionen werden an der Hand der Literatur beschrieben. Die quantitative Bestimmung der Enzyme, Vorkommen und Bildung, Darstellung und Reinigung werden an Beispielen erläutert.

Im speziellen Teil folgt eine Beschreibung der wichtigsten und bestuntersuchten Fermente,

die eingeteilt werden in Esterasen, Proteasen, Aminocytasen, Carbohydrasen, Katalasen, Peroxydasen, Oxydasen und Gärungsfermente. Dieser Teil des Buches bringt eine Fülle neuer Forschungsergebnisse, die mit vielen älteren noch recht verbreiteten Vorstellungen aufräumen. Den Lehrern der höheren Schulen werden die umfangreichen Handbücher von C. Oppenheimer und H. v. Euler zum Studium der für die Lebensvorgänge so wichtigen Enzyme meist nicht zur Verfügung stehen; sie seien auf die klare und anschauliche Darstellung von Waldschmidt-Leitz hingewiesen, die durch ihre zahlreichen Literaturangaben zu weiterem Studium anregt. *Dm.*

Vereine und Versammlungen.

Berliner Verein zur Förderung des physikalischen Unterrichts.

(Ortsgruppe des deutschen Vereins zur Förderung des mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichts).

Bericht über das Jahr 1927.

Den Vorstand bildeten die Herren: Girke, Spillner, Sommerfeld und Tetzlaff.

Sitzungen.

11. Januar: Herr F. Moeller: „Versuche mit kurzen Wellen".

15. Februar: Gemeinschaftliche Sitzung der drei Berliner Ortsgruppen des deutschen Vereins zur Förderung des mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichts. Herr F. F. Martens: „Einige Schau- und Übungsversuche (über freien Fall, Elastizität, stehende Drillwellen u. a.)". „Ein neues Modell des periodischen Systems der Elemente".

15. März: Herr Heyne: „Über Bussolenapparate, insbesondere ihren Gebrauch bei Schülerübungen in der Landmessung".

30. April: Gaußfeier als gemeinsame Veranstaltung der Berliner Vereine zur Förderung des mathematischen und physikalischen Unterrichts. Herr K. Metzner hält die Festrede: „Zum 150. Geburtstag von Gauß". (Abgedruckt in dieser Zeitschrift **40**, 180; 1927).

17. Mai: Herr v. Hanffstengel: „Die Beschaffung technischer Bilder für den Unterricht, mit Beispielen". Herr Dünckel: „Vorführung und Erläuterung einiger Lichtbildreihen".

Herr Friedrich: „Praktische Versuche über die Einführung des technischen Bildes in den Arbeitsunterricht".

21. Juni: Herr Clemenz: „Elektromagnetismus und elektromagnetische Induktion auf lebensvoller Grundlage".

23. August: Herr Volkmann: „Linsenoptik in der Schule".

13. September: Herr Volkmann: „Versuche über das virtuelle Bild und Bemerkungen zur rechnenden Linsenoptik".

18. Oktober: Herr W. Thomsen: „Versuche mit einem neuen Universalelektromagneten zur Einführung in das Verständnis der Induktionserscheinungen und der Dynamomaschine".

15. November und 6. Dezember: Gemeinschaftliche Sitzung der städtischen Veranstaltungen zur Förderung des naturwissenschaftlichen Unterrichts, der Großberliner Vereinigung zur Förderung des biologischen und chemischen Unterrichts und des Vereins zur Förderung des physikalischen Unterrichts. Frau L. Meitner: „Fortschritte auf dem Gebiete der Atomforschung und ihre Bedeutung für Physik und Chemie".

13. Dezember: Herr F. Moeller: „Neue Technik auf dem Gebiete des Rundfunks".

Herr H. Paul: „Versuche mit einem Vakuumapparat." *R. Girke.*

Korrespondenz.

Prof. Dr. Paul Bräuer †. Am 6. November 1927 starb in Hannover ein edler Mann, dem der Unterricht in den exakten Wissenschaften, insbesondere in der Chemie, viel zu verdanken hat. Prof. Bräuer hat durch seinen vorbildlichen Unterricht auf zahlreiche Schüler einen dauernd nachwirkenden, segensreichen Einfluß ausgeübt; er hat im mündlichen und schriftlichen Verkehr mit Fachgenossen durch sein ruhiges, stets sachliches, von tiefstem Wissen und Verständnis erfülltes Urteil manche heiß umstrittene Frage der Lösung näher gebracht, und er hat durch sein ausgezeichnetes Lehrbuch sowie durch mustergültige Aufsätze auch all denen, die nicht das Glück hatten, mit ihm persönlich bekannt zu werden, deutlich gezeigt, wie die heranwachsende Jugend Schritt für Schritt zur exakt wissenschaftlichen Arbeit erzogen werden kann. Seine Erfolge waren begründet durch seine starke Persönlichkeit und durch seine rastlose, mit Selbstkritik durchsetzte Arbeit. Er war sich selbst nie genug. Aus O II verließ er die Anstalt, an der er später (1886 bis 1921) als hervorragender Lehrer, während der Kriegszeit auch als Leiter, tätig war. Er wurde Apotheker. Nach einigen Wanderjahren begann er in Würzburg aus unstillbarem Wissensdrang das Studium der Chemie, während er sich gleichzeitig zur Reifeprüfung vorbereitete. Nach Abschluß seiner Studien in Berlin und Göttingen zog ihn die Liebe zur Jugend ins Lehrfach. — Aus seinen Arbeiten kennen wir ihn als einen Vorkämpfer der physikalischen Chemie und des Übungsunterrichts. Bis zu seinen letzten Lebenstagen war er unermüdlich bestrebt, die Wege zu ebnen, auf denen wir die anvertraute Jugend führen können. Er hat nicht vergebens gelebt. Seine Arbeit wird sein irdisches Dasein noch lange überdauern.

R. Winderlich.

Warnung vor einem Experiment. In der Zeitschrift für angewandte Chemie 40 (1927), S. 1317, teilt P. W. DANCKWORTT mit, daß eine nach HEUMANN-KÜHLINGS „Anleitung zum Experimentieren" (1904), S. 242, in einer Porzellanschale bereitete Mischung von flüssiger Luft und Äther ohne äußeren Anlaß nach kurzer Zeit heftig explodiert sei. Wiewohl der Versuch häufig, auch, wie er angibt, von DANCKWORTT selbst, ohne Eintritt einer Explosion ausgeführt worden ist, scheint es doch angezeigt, vor diesem Experiment zu warnen. DANKCWORTT rechnet mit der Möglichkeit, daß der hohe Sauerstoffgehalt des zur Zeit als flüssige Luft in den Handel gebrachten Erzeugnisses den Vorfall veranlaßt hat. Vielleicht spielt auch die wiederholt beobachtete Explosivität mancher Ätherabdampfrückstände [vgl. BEILSTEINS Handbuch der organischen Chemie, 4. Aufl., 1. Band (1918) S. 317] dabei eine Rolle. *O. Kühling.*

Bemerkung zu dem Aufsatz: „Die ionisierende Wirkung von Licht bei der Glimmlampe". Diese Zeitschrift 1926, S. 284 und 1927, S. 191. Der Photoeffekt kann sehr gut mit Hilfe der Glimmbrücke sichtbar und „hörbar" gemacht werden. Die von mir benutzte Glimmbrücke enthält eine Osram-Glimmlampe, 110 Volt Wechselspannung, und als Widerstand eine Seddigröhre aus alten Heeresbeständen. Der Kondensator in der Glimmbrücke wird so gewählt, daß ein gut hörbarer Ton entsteht (Telephon oder Lautsprecher). Man kann nun leicht folgendes erreichen: Fällt Sonnenlicht oder Bogenlampenlicht auf die Glimmlampe, so setzt der Ton sofort aus; bei Abblenden des Lichts erscheint er sofort wieder. Bei Vorhalten von gleich dicken verschieden gefärbten Gläsern kann die stärkere Wirkung des violetten Lichts gezeigt werden. Der Versuch läßt sich vielleicht sogar für quantitative Zwecke ausbauen. *K. F. Müller,* Kehl (Baden).

Bemerkung zu dem Aufsatz: B. WIESE, Die Bedenken gegen den physikalischen Übungsunterricht **40**, 268; 1927.

In seinem Aufsatz „Die Bedenken gegen den physikalischen Übungsunterricht" (diese Zeitschrift **40**, 268; 1927) gibt B. WIESE über die Besprechung zweier während der Tagung des Pommerschen Philologenvereins in Stettin gehaltenen Musterstunden einen Bericht, der die Ansicht der anwesenden Physiklehrer in falschem Lichte erscheinen läßt und bei der grundsätzlichen Bedeutung der angeschnittenen Fragen nicht mit Stillschweigen übergangen werden kann.

Die angeführten Bedenken richteten sich zunächst gegen die beiden Unterrichtsstunden, von denen besonders die erste zur Kritik herausforderte, sodann aber auch gegen das Ausmaß der Übungen. Von einer eigentlichen Ablehnung des Übungsunterrichts war nicht die Rede. Im Gegenteil, die Mehrzahl der Versammlungsteilnehmer würde es lebhaft begrüßen, wenn ihnen endlich die äußeren Bedingungen zu seiner Durchführung gegeben würden, und sie den Schülern das bieten könnten, wonach sie, teils mit großer Energie, solange vergeblich gestrebt haben. Sie wollen aber, wie übrigens auch Herr WIESE, vermeiden, den gesamten Physikunterricht in Übungen aufgehen zu lassen, nicht lediglich in der Befürchtung, eine zu geringe Stoffmenge zu bewältigen, sondern in der Überzeugung, daß man einige wichtige Gebiete, die sich kaum in Übungen erarbeiten lassen, den Schülern nicht vorenthalten darf. Vor allem sehen sie aber auch im reinen Vortrage eine Lehrweise, die beachtet werden muß und in einem gedeihlichen physikalischen Unterricht niemals vollständig zurückgestellt werden kann.

Nach mehrfacher Aufforderung glaubte ich, mich dieser Berichtigung nicht entziehen zu dürfen. *P. Hanck,* Pasewalk.

Druckfehlerberichtigung. Auf Seite 64 des laufenden Jahrgangs muß Zeile 9 von unten stehen: März 11. A 5,6 ^{h} statt 15,6 ^{h}.

Die im Verlage Gebr. Borntraeger, Berlin, erschienene Praxis der Linsenoptik, eine Anleitung zu einfachen Versuchen über Linsen und optische Instrumente, war als eine Beschäftigung in Mußestunden gedacht. Die Geräte waren deshalb so entworfen, daß sie mit allereinfachsten Werkzeugen angefertigt werden können. Neuerdings ist von Schulen so oft der Wunsch ausgesprochen worden, die Geräte sollten auch in fertiger Form in den Handel kommen, daß ich mich dazu entschlossen habe, eine abgeänderte, für die werkstattmäßige Herstellung geeignetere Form durch den Mechaniker Louis Preuschoff, Berlin S. 42, Luisenufer 11 herstellen zu lassen. Die Versuche sind abgeschlossen, und das Gerät ist lieferbar. Ein Pappkasten mit allen zu den Versuchen gehörigen Stücken kostet RM 30.—. Herr Preuschoff liefert aber auch die ungefaßten Linsen, um allen, die sich die Geräte aus Laubsägeholz und Pappe, wie bisher, selbst anfertigen wollen, dies zu erleichtern.
Wilhelm Volkmann.

Das in Heft 1 auf S. 49 besprochene Buch von R. COURANT, Vorlesungen über Differential- und Integralrechnung, 1. Band, Funktionen einer Veränderlichen, kann im Rahmen der Sammelbestellung, die von der Staatlichen Hauptstelle für den naturwissenschaftlichen Unterricht erwirkt worden ist, zum Vorzugspreise von RM 15,30 (einschließlich RM 0,40 Porto für die Übersendung) bezogen werden. Der Preis des gebundenen Stückes beträgt sonst RM 18.60. Bestellungen sind zu richten an die Staatliche Hauptstelle unter gleichzeitiger Einzahlung des genannten Vorzugspreises auf das Postscheckkonto Berlin NW 7 Nr. 43352. Die gesammelten Bestellungen werden dem Verlage zur Erledigung überwiesen.

Himmelserscheinungen im Mai und Juni 1928.

W. Z.: Welt-Zeit = Bürgerlich. Zeit Greenwich. 0^h W. Z. = Mitternacht bürgerl. Zeit Greenwich. Stundenzählung von 0^h bis 24^h. M. E. Z. = Bürgerl. Zeit Stargard = W. Z. + 1^h.

W. Z. 0^h		Mai 5	10	15	20	25	30	Juni 4	9	14	19	24	29	Juli 4
☿	AR	$2^h\,54^m$	3.37	4.20	5.0	5.36	6.6	6.29	6.45	6.53	6.53	6.45	6.33	6.21
	D	$+16,8°$	$+20,4$	$+23,2$	$+24,9$	$+25,6$	$+25,5$	$+24,8$	$+23,6$	$+22,3$	$+20,9$	$+19,8$	$+18,9$	$+18,6$
♀	AR	$1^h\,49^m$	2.12	2.36	3.0	3.25	3.50	4.15	4.41	5.7	5.34	6.1	6.27	6.54
	D	$+9,7°$	$+11,9$	$+14,0$	$+16,0$	$+17,8$	$+19,4$	$+20,7$	$+21,9$	$+22,8$	$+23,4$	$+23,7$	$+23,8$	$+23,5$
☉	AR	$2\,h47^m$	3.6	3.26	3.46	4.6	4.26	4.47	5.7	5.28	5.49	6.10	6.30	6.51
	D	$+16,1°$	$+17,5$	$+18,8$	$+19,9$	$+20,9$	$+21,7$	$+22,4$	$+22,9$	$+23,2$	$+23,4$	$+23,4$	$+23,4$	$+22,9$
♂	AR	23^h29^m	23.43	23.57	0.11	0.25	0.39	0.52	1.6	1.20	1.34	1.47	2.1	2.15
	D	$-4,9°$	$-3,5$	$-2,0$	$-0,5$	$+1,0$	$+2,5$	$+3,9$	$+5,4$	$+6,8$	$+8,1$	$+9,4$	$+10,7$	$+12,0$
♃	AR	$1^h\,28^m$		1.37		1.45		1.53		2.1		2.8		2.14
	D	$+8,1°$		$+8,9$		$+9,7$		$+10,4$		$+11,1$		$+11,7$		$+12,2$
♄	AR	$17^h\,9^m$				17.3				16.57				16.51
	D	$-21,2°$				$-21,1$				$-21,0$				$-20,9$

Δ = **Sternzeit für 0^h Welt-Zeit**; für östl. bzw. westl. Länge λ^0 v. Greenwich: $\mp\ \lambda \cdot 0.657^s$

Zeitgl. = Mittl. Z. — Wahre Z.

Δ	$14^h\,50^m\,28^s$	15. 10.10	15. 29.53	15. 49.36	16. 9.19	16. 29.2	16. 48.44	17. 8.27	17. 28.10	17. 47.53	18. 7.35	18. 27.18	18. 47.1
Zeitgl.	-3^m20^s	−3.41	−3.47	−3.39	−3.17	−2.43	−1.58	−1.5	−0.4	+1.0	+2.6	+3.8	+4.6

Breite v. Berlin (52,5°). Länge v. Stargard. Aufgang u. Untergang d. ob. ⊙-Randes. M. E. Z.

⊙ Aufg.	$4^h\,24^m$	4.15	4.7	4.0	3.53	3.48	3.43	3.41	3.39	3.39	3.40	3.42	3.45
⊙ Unterg.	$19^h\,30^m$	19.38	19.46	19.54	20.1	20.8	20.13	20.18	20.21	20.23	20 24	20.24	20.22

Breite v. Berlin (52,5°). Länge v. Stargard. Aufgang u. Untergang d. ob. ☾-Randes. M. E. Z.

☾ Aufg.	$20^h\,20^m$	0.33	2.50	4.32	9.47	15.48	21.35	0.19	1.45	4.47	11.17	17.8	21.54
☾ Unterg.	$4^h\,49^m$	7.39	14.4	19.33	1.9	2.29	4.5	9.3	15.56	22.30	0.10	1.19	4.27

Mondphasen W. Z.	Neumond	Erstes Viertel	Vollmond	Letztes Viertel
	Mai 19. $13^h\,14,1^m$	Mai 26. $9^h\,11,6^m$	Mai 4. $20^h\,11,8^m$	Mai 12. $20^h\,50,3^m$
	Juni 17. $20^h\,42,1^m$	Juni 24. $22^h\,47,4^m$	Juni 3. $12^h\,13,5^m$	Juni 11. $5^h\,51,1^m$
			Juli 3. $2^h\,48,5^m$	

Verfinsterungen der Jupitertrabanten I, II, III, IV. E: Eintritt, A: Austritt. W. Z.

I	II	III	IV
Juni 12. $0^h\,56,0^m$ E	Juni 16. $0^h\,58,2^m$ E	Juni 8. $1^h\,59,1^m$ A	—

Tägliches Erscheinen und Verschwinden der Planeten. Breite von Berlin. Länge von Stargard.

M. E. Z.	☿	♀	♂	♃	♄
Mai 5.	—	—	A $3,0^h$ D_m $3,4^h$	—	A $22,2^h$ D_m $3,2^h$
„ 15.	D_a $20,5^h$ U $21,2^h$	—	A $2,6^h$ D_m $3,1^h$	($3,2^h$)	A $21,5^h$ D_m $2,9^h$
„ 25.	D_a $20,8^h$ U $22,1^h$	—	A $2,1^h$ D_m $2,9^h$	A $2,6^h$ D_m $2,9^h$	D_a $21,2^h$ D_m $2,7^h$
Juni 4.	D_a $20,9^h$ U $22,2^h$	—	A $1,7^h$ D_m $2,7^h$	A $2,0^h$ D_m $2,7^h$	D_a $21,4^h$ D_m $2,5^h$
„ 14.	($21,1^h$)	—	A $1,2^h$ D_m $2,7^h$	A $1,5^h$ D_m $2,7^h$	D_a $21,6^h$ D_m $2,5^h$
„ 24.	—	—	A $0,8^h$ D_m $2,7^h$	A $0,9^h$ D_m $2,7^h$	D_a $21,6^h$ D_m $2,5^h$
Juli 4.	—	—	A $0,3^h$ D_m $2,8^h$	A $0,3^h$ D_m $2,8^h$	D_a $21,6^h$ U $2,1^h$

A = Aufgang; U = Untergang; D_a und D_m = Erscheinen bzw. Verschwinden in der Dämmerung.

W. Z. **Merkur** in gr. östl. Elongation 23°32′, Juni 3.1^h. **Mars** im Perihel, Juni 4.19^h. **Saturn** in Opposition mit der Sonne, Juni 6.20^h. **Venus** in oberer Konj. mit der Sonne, Juli 1.15^h. **Totale Sonnenfinsternis** Mai 19., in Europa unsichtbar. **Totale Mondfinsternis** Juni 3., in Europa unsichtbar. **Partielle Sonnenfinsternis** Juni 17., in Europa unsichtbar. **Sommersolstitium** Juni 21., $16^h\,7^m$.

A. Weill.

Für die Redaktion verantwortlich: Ministerialrat Professor Dr. K. Metzner, Berlin W. 8.

Nachdruck nur mit Quellenangabe und mit Genehmigung der Verlagsbuchhandlung gestattet.

Verlag von Julius Springer in Berlin W. — Druck der Univ.-Druckerei H. Stürtz A.G., Würzburg.